

503p090705

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 4月11日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-107774

[ST.10/C]:

[JP2003-107774]

出 願 人

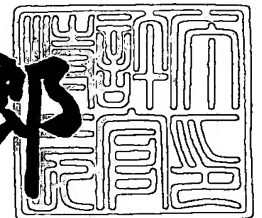
Applicant(s):

ソニー株式会社

2003年 5月20日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3037362

【書類名】 特許願

【整理番号】 0390130702

【提出日】 平成15年 4月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/33
G11B 05/40

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 鉄川 弘樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 早田 裕

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 岡部 明彦

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090527

【弁理士】

【氏名又は名称】 館野 千恵子

【電話番号】 03-5731-9081

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-223987

【出願日】 平成14年 7月31日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-349907

【出願日】 平成14年12月 2日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-370519

【出願日】 平成14年12月20日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-370520

【出願日】 平成14年12月20日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011084

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010570

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果型磁気ヘッド

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子として、反強磁性層と、当該反強磁性層との間で働く交換結合磁界により所定の方向に磁化が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する磁化自由層と、上記磁化固定層と上記磁化自由層との間を磁氣的に隔離する非磁性層とが積層された構成を有するスピバルブ膜を備える磁気抵抗効果型磁気ヘッドであって、

上記スピバルブ膜は、濃度 0.1 mol/L の NaCl 溶液中に液浸されたときに測定される標準水素電極に対する腐食電位が、 $+0.4 \text{ [V vs SHE]}$ 以上となることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項2】 磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子として、反強磁性層と、当該反強磁性層との間で働く交換結合磁界により所定の方向に磁化が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する磁化自由層と、上記磁化固定層と上記磁化自由層との間を磁氣的に隔離する非磁性層とが積層された構成を有するスピバルブ膜を備える磁気抵抗効果型磁気ヘッドであって、

上記スピバルブ膜においては、当該スピバルブ膜を構成する上記反強磁性層、上記磁化固定層、上記磁化自由層、上記非磁性層の、それぞれ単層膜における、濃度 0.1 mol/L の NaCl 溶液中に液浸されたときに測定される標準水素電極に対する腐食電位が、 $+0.4 \text{ [V vs SHE]}$ 以上となることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項3】 上記非磁性層は、 CuAu からなり、 Cu 、 Au の組成比を、それぞれ $(100 - a_1)$ 、 a_1 (但し a_1 は、原子%を表す。) としたとき、その組成範囲は、 $25 \leq a_1 < 100$ であり、

上記磁化固定層及び上記磁化自由層は、 NiFe 又は CoNiFe からなり、 Co 、 Ni 、及び Fe の組成比を、それぞれ b_1 、 c_1 、 d_1 (b_1 、 c_1 、 d_1 は、それぞれ原子%を表す。) としたとき、その組成範囲は、 $0 \leq b_1 \leq 75$ 、 15

$\leq c_1 \leq 95$ 、 $5 \leq d_1 \leq 40$ ($b_1 + c_1 + d_1 = 100$ 原子%) であり、

テープ状の磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行うことを特徴とする請求項1又は2に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項4】 上記非磁性層は、Auからなり、

上記磁化固定層及び上記磁化自由層は、NiFe又はCoNiFeからなり、Co、Ni、及びFeの組成比を、それぞれ b_2 、 c_2 、 d_2 (b_2 、 c_2 、 d_2 は、それぞれ原子%を表す。)としたとき、その組成範囲は、 $0 \leq b_2 \leq 75$ 、 $15 \leq c_2 \leq 95$ 、 $5 \leq d_2 \leq 40$ ($b_2 + c_2 + d_2 = 100$ 原子%) であり、

テープ状の磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行うことを特徴とする請求項1又は2に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項5】 上記非磁性層はCuPdからなり、CuとPdとの組成比を、それぞれ $(100 - a_3)$ 、 a_3 (a_3 は、原子%を表す。)としたとき、その組成範囲は、 $5 \leq a_3 \leq 25$ であり、

上記磁化固定層及び上記磁化自由層は、NiFe又はCoNiFeからなり、Co、Ni、及びFeの組成比を、それぞれ b_3 、 c_3 、 d_3 (b_3 、 c_3 、 d_3 は、それぞれ原子%を表す。)としたとき、その組成範囲は、 $0 \leq b_3 \leq 75$ 、 $15 \leq c_3 \leq 95$ 、 $5 \leq d_3 \leq 40$ ($b_3 + c_3 + d_3 = 100$ 原子%) であり、

テープ状の磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行うことを特徴とする請求項1又は2に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項6】 上記非磁性層は、CuPtからなり、Cu、Ptの組成比を、それぞれ $(100 - a_4)$ 、 a_4 (a_4 は、原子%を表す。)としたとき、その組成範囲は、 $5 \leq a_4 \leq 20$ であり、

上記磁化固定層及び上記磁化自由層は、NiFe又はCoNiFeからなり、Co、Ni、Feの組成比を、それぞれ b_4 、 c_4 、 d_4 (b_4 、 c_4 、 d_4 は、それぞれ原子%を表す。)としたとき、その組成範囲は、 $0 \leq b_4 \leq 75$ 、 $15 \leq c_4 \leq 95$ 、 $5 \leq d_4 \leq 40$ ($b_4 + c_4 + d_4 = 100$ 原子%) であり、

テープ状の磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行うことを特徴とする請求項1又は2に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項 7】 上記非磁性層は CuRu からなり、Cu と Ru との組成比を、それぞれ $(100 - a_5)$ 、 a_5 (a_5 は、原子%を表す。) としたとき、その組成範囲は、 $3 \leq a_5 \leq 15$ であり、

上記磁化固定層及び上記磁化自由層は、NiFe 又は CoNiFe からなり、Co、Ni、及び Fe の組成比を、それぞれ b_5 、 c_5 、 d_5 (b_5 、 c_5 、 d_5 は、それぞれ原子%を表す。) としたとき、その組成範囲は、 $0 \leq b_5 \leq 75$ 、 $15 \leq c_5 \leq 95$ 、 $5 \leq d_5 \leq 40$ ($b_5 + c_5 + d_5 = 100$ 原子%) であり、

テープ状の磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項 8】 上記非磁性層は CuNi からなり、Cu と Ni との組成比を、それぞれ $(100 - a_6)$ 、 a_6 (a_6 は、原子%を表す。) としたとき、その組成範囲は、 $25 \leq a_6 \leq 50$ であり、

上記磁化固定層及び上記磁化自由層は、NiFe 又は CoNiFe からなり、Co、Ni、及び Fe の組成比を、それぞれ b_6 、 c_6 、 d_6 (b_6 、 c_6 、 d_6 は、それぞれ原子%を表す。) としたとき、その組成範囲は、 $0 \leq b_6 \leq 75$ 、 $15 \leq c_6 \leq 95$ 、 $5 \leq d_6 \leq 40$ ($b_6 + c_6 + d_6 = 100$ 原子%) であり、

テープ状の磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項 9】 上記非磁性層は CuRh からなり、Cu と Rh との組成比を、それぞれ $(100 - a_7)$ 、 a_7 (a_7 は、原子%を表す。) としたとき、その組成範囲は、 $7 \leq a_7 \leq 20$ であり、

上記磁化固定層及び上記磁化自由層は、NiFe 又は CoNiFe からなり、Co、Ni、及び Fe の組成比を、それぞれ b_7 、 c_7 、 d_7 (b_7 、 c_7 、 d_7 は、それぞれ原子%を表す。) としたとき、その組成範囲は、 $0 \leq b_7 \leq 75$ 、 $15 \leq c_7 \leq 95$ 、 $5 \leq d_7 \leq 40$ ($b_7 + c_7 + d_7 = 100$ 原子%) であり、

テープ状の磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項 10】 上記非磁性層が、Au、CuAu、CuPd、CuPt、

CuNi、CuRu、CuRhのいずれかより形成されてなり、

上記磁化固定層及び上記磁化自由層は、NiFe又はCoNiFeからなり、Co、Ni、及びFeの組成比を、それぞれ b_g 、 c_g 、 d_g （ b_g 、 c_g 、 d_g は、それぞれ原子%を表す。）としたとき、その組成範囲は、 $0 \leq b_g \leq 35$ 、 $60 \leq c_g \leq 95$ 、 $5 \leq d_g \leq 40$ 、あるいは、 $20 \leq b_g \leq 75$ 、 $15 \leq c_g \leq 40$ 、 $5 \leq d_g \leq 40$ （ $b_g + c_g + d_g = 100$ 原子%）であり、

テープ状の磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行うことを特徴とする請求項1又は2に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項11】 上記感磁素子は、回転ドラムに搭載されてヘリカルスキャン方式によりテープ状の磁気記録媒体と摺動しながら磁気信号の検出を行うことを特徴とする請求項1乃至10のいずれか一項に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子としてスピナルブ膜を用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】

磁気抵抗効果素子（以下、MR素子という。）は、外部磁界の大きさや向きにより抵抗値が変化する、いわゆる磁気抵抗効果を利用したものであり、例えば、磁気記録媒体からの信号磁界を検出するための感磁素子として、磁気ヘッド等に用いられている。

そして、このようなMR素子を備える磁気ヘッドは、一般に磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、MRヘッドという。）と呼ばれている。

【0003】

このようなMR素子としては、異方性磁気抵抗効果を利用したものが従来から使用されているが、磁気抵抗変化率（MR比）が小さいために、より大きなMR比を示すものが望まれており、近年においてはスピナルブ膜を利用した巨大磁

気抵抗効果素子（以下、GMR素子という。）が提案されている（例えば、非特許文献1、特許文献1参照。）。

【0004】

GMR素子は、一对の磁性層で非磁性層を挟持してなるスピバルブ膜を有し、このスピバルブ膜に対して面内方向に流れる、いわゆるセンス電流のコンダクタンスが一对の磁性層の磁化の相対角度に依存して変化する、いわゆる巨大磁気抵抗効果を利用したものである。

具体的には、スピバルブ膜は、反強磁性層と、反強磁性層との間で働く交換結合磁界により所定の方向に磁化が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する磁化自由層と、磁化固定層と磁化自由層との間を磁氣的に隔離する非磁性層とが積層された構造を有している。

【0005】

スピバルブ膜を利用したGMR素子では、外部磁界が印加されると、外部磁界の大きさや向きに応じて磁化自由層の磁化方向が変化する。そして、磁化自由層の磁化方向が磁化固定層の磁化方向に対して、逆方向（反平行）となるとき、このスピバルブ膜に流れるセンス電流の抵抗値が最大となる。一方、磁化自由層の磁化方向が磁化固定層の磁化方向に対して、同一方向（平行）となるときに、このスピバルブ膜に流れるセンス電流の抵抗値が最小となる。

【0006】

従って、上述したようなGMR素子を備える磁気ヘッド（以下、GMRヘッドという。）においては、GMR素子に対して一定のセンス電流を供給すると、磁気記録媒体からの信号磁界に応じて、このGMR素子を流れるセンス電流の電圧値が変化することになり、このセンス電流の電圧値の変化を検出することによって、磁気記録媒体からの磁気信号を読み取ることが可能となる。

【0007】

下記特許文献1には、GMRヘッドをハードディスクドライブに利用する例が開示されている。

ハードディスクドライブは、例えばサスペンションの先端部に取り付けられたヘッドスライダにGMRヘッドが搭載された構造を有し、磁気ディスクの回転に

より生じる空気流を受けて、ヘッドスライダが磁気ディスクの信号記録面上を浮上しながら、このヘッドスライダに搭載されたGMRヘッドが磁気ディスクに記録された磁気信号を読み取ることによって、磁気ディスクに対する再生動作が行われる。

【0008】

上記GMRヘッドは、磁気ディスク装置に限らず、近年においてはテープストリーマ等の磁気テープ装置についての利用も検討されている。

例えばヘリカルスキャン方式を採用するテープストリーマは、回転ドラムの外周面部にGMRヘッドが磁気テープの走行方向と略直交する方向に対してアジマス角に応じて斜めとなるように配置された構造を有している。

そして、テープストリーマでは、磁気テープが回転ドラムに対して斜めに走行しながら、回転ドラムが回転駆動し、この回転ドラムに搭載されたGMRヘッドが磁気テープと摺動しながら、磁気テープに記録された磁気信号を読み取ることによって、磁気テープに対する再生動作が行われる。

【0009】

テープストリーマにおいては、GMRヘッドと磁気テープとの間の距離、いわゆるスペーシングを小さくすることが好ましいため、この観点からは磁気テープの表面は、平滑化することが望ましい。

【0010】

しかしながら、磁気テープの表面が鏡面化するに従って、磁気テープと回転ドラムの外周面部との接触面積が増加し、走行時において磁気テープと回転ドラムとの間に働く摩擦力が大きくなり、磁気テープと回転ドラムとの貼り付きが生じて、磁気テープのスムーズな走行が困難となる。

そこで、磁気テープの表面には、 SiO_2 フィラーや有機フィラー等により微小突起を設けることにより回転ドラムの外周面部との接触面積を小さくし、磁気テープと回転ドラムとの間に働く摩擦力を小さくする等の工夫がなされている。

また、磁気テープの表面には、傷や腐食等の発生を防止するためのDLC膜等の保護膜が形成されている。

【0011】

ところで、上述したハードディスクドライブにおいては、GMRヘッドが磁気ディスクの信号記録面に対して非接触な状態で再生動作が行われる。また、スピンドル膜を構成する非磁性層には通常Cuが用いられており、従来において磁気ディスクと対向するGMRヘッドの媒体対向面には、このCuの腐食を防止するためのDLC (Diamond Like Carbon)膜等の保護膜が形成されている。

【0012】

【非特許文献1】

フィジカル・レビュー・ビー (Physical Review B)、第43巻、第1号、p1297～p1300「軟磁性多層膜における巨大磁気抵抗効果」
(Giant Magnetoresistance in Soft Ferromagnetic Multilayers)

【特許文献1】

特開平8-111010号公報

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、現在GMRヘッドの適用が検討されているテープストリーマにおいては、GMRヘッドが磁気テープに対して接触した状態で再生動作を行うことから、磁気テープと摺動されるGMRヘッドの媒体摺動面に上述した腐食等の発生を防止するための保護膜が形成されていると、再生動作時に磁気テープの表面に形成された微小突起や保護膜との接触によって保護膜が摩耗する。

さらに、GMRヘッドの媒体摺動面に形成された保護膜は、磁気テープとのスパーシングとなることから、GMRヘッドの短波長記録再生特性を劣化させる原因になる。

【0014】

従って、テープストリーマ等の磁気テープ装置においては、GMRヘッドの媒体摺動面に保護膜を形成することは不適當であると考えられる。

このため、磁気テープ装置においては、GMRヘッドの媒体摺動面が直接大気と触れることになり、高温高湿下や海水雰囲気中等の厳しい使用条件下において腐食等が発生しやすくなるといった問題があった。

【0015】

また、GMRヘッドの感度は、スピバルブ膜に流れるセンス電流により決定される。また、このスピバルブ膜を構成する各層の膜厚はnmオーダーで形成されており、各層に僅かな腐食が発生しただけでも、各層の電気抵抗が変化してしまう。従って、GMRヘッドの媒体摺動面における腐食の発生は、このGMRヘッドのヘッド特性を大幅に劣化させてしまう。

【0016】

上記特許文献1においては、ハードディスクに適用する磁気抵抗効果型磁気ヘッドについての耐腐食性を改善させる検討がなされてはいるが、ハードディスク装置においては、磁気ヘッドが媒体上を直接摺動することがないため、磁気ヘッドの摩擦によるダメージ量は、テープシステムの方が大きいことが明らかである。

また、ハードディスク装置においては、媒体が外気にさらされることなく、パッケージングによって密閉状態となっていることから、微細な粉塵等による磁気ヘッドの破損の影響に関してもテープシステムの方が、より深刻であると考えられる。よって、磁気テープ装置に適用するGMRヘッドの耐腐食性に関する向上を図ることは、ハードディスクドライブ以上に重要であると言える。

【0017】

そこで本発明においては、上述した問題点に鑑みて、特に磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子として優れた耐食性を有し、かつ高い磁気抵抗変化率を維持したスピバルブ膜を備えることによって、磁気録媒体に対する適切な再生動作を行うことを可能とした磁気抵抗効果型磁気ヘッドを提供することとした。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子として、反強磁性層と、この反強磁性層との間で働く交換結合磁界により所定の方向に磁化が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する磁化自由層と、磁化固定層と磁化自由層との間を磁氣的に隔離する非磁性層とが積層された構成を有するスピバルブ膜を備えたものであり

、スピバルブ膜は、濃度0.1mol/LのNaCl溶液中に液浸されたときに測定される標準水素電極に対する腐食電位が、+0.4 [V vs SHE] 以上となるものとする。

【0019】

また、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子として、反強磁性層と、この反強磁性層との間で働く交換結合磁界により所定の方向に磁化が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する磁化自由層と、磁化固定層と磁化自由層との間を磁氣的に隔離する非磁性層とが積層された構成を有するスピバルブ膜を備えたものであり、スピバルブ膜を構成する反強磁性層、磁化固定層、磁化自由層、非磁性層の、それぞれ単層膜における、濃度0.1mol/LのNaCl溶液中に液浸されたときに測定される標準水素電極に対する腐食電位が、+0.4 [V vs SHE] 以上となるものとする。

【0020】

本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドによれば、テープストリーマに適用する場合においても、磁気記録媒体と摺接される面に保護膜を形成しなくても、スピバルブ膜及びスピバルブ膜を構成する各層が高い耐食性を示すものとしたことによって、厳しい使用条件下においても、高い磁気抵抗変化率を維持することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドについて、図面を参照して詳細に説明する。

【0022】

先ず、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドを適用する磁気テープ装置の一例について説明する。

図1に示す磁気テープ装置1は、ヘリカルスキャン方式によって磁気テープ2に対して信号の記録及び／又は再生を行うものである。

磁気テープ装置1においては、磁気テープ2を供給する供給リール3と、供給

リール 3 から供給された磁気テープを巻き取る巻取リール 4 と、供給リール 3 と巻取リール 4 との間で磁気テープ 2 の引き回しを行う複数のガイドローラ 5 a ～ 5 f とを具備し、磁気テープ 2 が図中矢印 A 方向に走行するようになされている。

【 0 0 2 3 】

また、ガイドローラ 5 e とガイドローラ 5 f との間には、テープ走行手段として、磁気テープ 2 が掛け合わされるピンチローラ 5 g と、このピンチローラ 5 g と共に磁気テープ 2 を挟み込むキャップスタン 6 と、このキャップスタン 6 を回転駆動するキャップスタンモータ 6 a とが設けられている。

磁気テープ 2 は、ピンチローラ 5 g とキャップスタン 6 との間に挟みこまれ、キャップスタンモータ 6 a によりキャップスタン 6 が、図 1 中矢印 B 方向に回転駆動することにより、矢印 A 方向に一定の速度及び張力で走行するようになされている。

【 0 0 2 4 】

磁気テープ装置 1 は、ガイドローラ 5 c と 5 d との間に、磁気テープ 2 に対して信号の記録動作、又は再生動作を行うヘッドドラム 7 が設けられている。

図 2 に示すように、ヘッドドラム 7 は、駆動モータ 8 により図中矢印 A 方向に回転駆動する回転ドラム 9 と、ベース（図示せず）に固定された固定ドラム 1 0 とを有しており、回転ドラム 9 の外周面部 9 a と固定ドラムの外周面部 1 0 a とは連続している。

【 0 0 2 5 】

磁気テープ 2 は、図 1 に示したガイドローラによって導かれ、回転ドラム 9 及び固定ドラム 1 0 の外周面部 9 a、1 0 a に、略 1 8 0° の角度範囲でヘリカル状に巻きつけられた状態で走行するようになされている。

また、固定ドラム 1 0 の外周面部 1 0 a には、磁気テープ 2 を案内するリードガイド 1 0 b が設けられており、このリードガイド 1 0 b に沿って磁気テープ 2 が回転ドラム 9 の回転方向に対して斜めに走行するようになっている。

【 0 0 2 6 】

回転ドラム 9 の外周面部 9 a には、磁気テープ 2 に対して信号の記録動作を行

う一対の記録用磁気ヘッド11a、11bと、磁気テープ2に対して信号の再生動作を行う一対の再生用磁気ヘッド12a、12bとが取り付けられている。

これら記録用磁気ヘッド11a及び再生用磁気ヘッド12aと、記録用磁気ヘッド11b及び再生用磁気ヘッド12bとは、互いに180°の位相差をもって回転ドラム9の外周面部9aに対向配置されている。

また、記録用磁気ヘッド11a、11b及び再生用磁気ヘッド12a、12bは、その記録ギャップ及び再生ギャップが、磁気テープ2の走行方向と略直交する方向に対してアジマス角に応じて斜めとなるように配置されている。

【0027】

従って、ヘッドドラム7においては、回転ドラム9及び固定ドラム10の外周面部9a、10aに掛け合わされた磁気テープ2が、図2中矢印A方向に走行しながら、駆動モータ8により回転ドラム9が図2中矢印C方向に回転駆動することによって、回転ドラム9に搭載された一対の記録用磁気ヘッド11a、11b及び一対の再生用磁気ヘッド12a、12bが磁気テープ2と摺動しながら、信号の記録動作又は再生動作を行うことになる。

【0028】

具体的に、記録時には磁気テープ2に対して一方の記録用磁気ヘッド11aが、記録信号に応じた磁界を印加しながら所定のトラック幅で記録トラックを形成し、他方の記録用磁気ヘッド11bが、この記録トラックに隣接して記録信号に応じた磁界を印加しながら所定のトラック幅で記録トラックを形成する。

そして、これら記録用磁気ヘッド11a、11bが磁気テープ2に対して繰り返し記録トラックを形成することによって、磁気テープ2に対して連続的に信号を記録することになる。

【0029】

一方、再生時には、磁気テープ2に対して、一方の再生用磁気ヘッド12aが、記録用磁気ヘッド11aにより記録された記録トラックから信号磁界を検出し、他方の再生用磁気ヘッド12bが、記録用磁気ヘッド11bにより記録された記録トラックから信号磁界を検出する。そして、これら再生用磁気ヘッド12a、12bが記録トラックから繰り返し信号磁界を検出することによって、磁気テ

ープ2に記録された信号を連続的に再生することになる。

【0030】

次に、図3及び図4を参照して、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドについて詳細に説明する。

【0031】

図3に示す磁気抵抗効果型磁気ヘッド20は、磁気記録媒体からの磁気信号の検出を行う感磁素子として、スピバルブ膜を利用した巨大磁気抵抗効果素子（以下、GMR素子という。）を備える、いわゆる巨大磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、GMRヘッドという。）である。

【0032】

このGMRヘッド20は、電磁誘導を利用して記録再生を行うインダクティブ型磁気ヘッドや異方性磁気抵抗効果型磁気ヘッドよりも感度が高く、再生出力が大きく高密度記録に適している。従って、上述した磁気テープ用記録再生装置1においては、GMRヘッド20を一对の再生用磁気ヘッド12a、12bとして用いることにより、さらなる高密度記録化が図られる。

【0033】

具体的には、再生用磁気ヘッド12a、12bは、図4に示すように、第1のコア部材21上に、例えばメッキ法、スパッタ法、蒸着法等の各種薄膜形成技術により磁気シールド層24、GMR素子27、ギャップ層26、及びシールド層25が順次形成されてなり、保護膜22を介して第2のコア部材23が貼り付けられた構造を有しているものとする。

また、再生用磁気ヘッド12a、12bは、磁気テープ2と摺接する媒体摺動面20aが、図3中矢印Aに示す磁気テープ2の走行方向に沿って略円弧状に湾曲した曲面となっている。そして、媒体摺接面20aから外部に臨む再生ギャップが磁気テープ2の走行方向と略直交する方向に対してアジマス角 θ に応じて斜めとなるように配置されている。

【0034】

なお、一对の再生用磁気ヘッド12a、12bは、互いのアジマス角 θ が逆位相となる以外は、同一の構成を有している。従って、以下の説明においては、こ

れら一対の再生用磁気ヘッド12a、12bをまとめてGMRヘッド20として説明する。

【0035】

GMRヘッド20は、図4に示すように上下一対の磁気シールド層24、25の間にギャップ層26を介して磁気抵抗効果素子（GMR素子27）が挟み込まれた構造を有している。

【0036】

一対の磁気シールド層24、25は、GMR素子27を磁氣的にシールドするのに十分な幅を有する軟磁性膜からなり、ギャップ層26を介してGMR素子27を挟み込むことにより、磁気テープ3からの信号磁界のうち、再生対象外の磁界がGMR素子27に引き込まれないように機能する。

すなわちGMRヘッド20においては、GMR素子27に対して再生対象外の信号磁界が一対の磁気シールド層24、25に導かれ、再生対象の信号磁界だけがGMR素子27へと導かれるようになされる。これにより、GMR素子27の周波数特性及び読み取り分解能の向上が図られている。

【0037】

ギャップ層26は、GMR素子27と一対の磁気シールド層24、25との間を磁氣的に隔離する非磁性非導電性膜からなり、一対の磁気シールド層24、25とGMR素子27との間隔がギャップ長となる。

【0038】

GMR素子27は、スピバルブ膜40よりなるものとし、このスピバルブ膜に対して面内方向に流れるセンス電流のコンダクタンスが、一対の磁性層の磁化の相対角度に依存して変化する、いわゆる巨大磁気抵抗効果を利用したものである。

スピバルブ膜40としては、例えば、図5（a）に示すように、下地層41、反強磁性層42、磁化固定層43、非磁性層44、磁化自由層45、及び保護層46が、順次積層された構造を有するボトム型のスピバルブ膜40aや、図5（b）に示すように、下地層41、磁化自由層45、非磁性層44、磁化固定層43、反強磁性層42、及び保護層46が、順次積層された構造を有するトッ

ブ型のスピバルブ膜40b、図5(c)に示すように、下地層41、反強磁性層42、磁化固定層43、非磁性層44、磁化自由層45、非磁性層44、磁化固定層43、反強磁性層42、及び保護層46が、順次積層された構造を有するデュアル型のスピバルブ膜40c等を挙げることができる。

【0039】

スピバルブ膜を構成する磁化固定層43は、反強磁性層42に隣接して配置されることによって、反強磁性層42との間で働く交換結合磁界により、所定の方向に磁化が固定された状態となっている。

一方、磁化自由層45は、非磁性層44を介して磁化固定層43と磁氣的に隔離されることによって、微弱な外部磁界に対して磁化方向が容易に変化することが可能となっている。

【0040】

従って、スピバルブ膜40においては、外部磁界が印加されると、外部磁界の大きさや向きに応じて磁化自由層45の磁化方向が変化する。そして、磁化自由層45の磁化方向が磁化固定層43の磁化方向に対して、逆方向（反平行）となると、このスピバルブ膜40に流れる電流の抵抗値が最大となる。

一方、磁化自由層45の磁化方向が磁化固定層43の磁化方向に対して、同一方向（平行）となると、このスピバルブ膜40に流れる電流の抵抗値が最小となる。

このように、スピバルブ膜40は、印加される外部磁界に応じて電気抵抗が変化的なことから、この抵抗変化を読み取ることによって磁気テープ2からの磁気信号を検出する感磁素子として機能している。

【0041】

なお、下地層41及び保護層46は、このスピバルブ膜40の比抵抗の増加を抑制するためのものであり、例えばTa等からなる。

【0042】

また、GMR素子27の動作の安定化を図るため、スピバルブ膜40の長手方向の両端部には、図3、図4に示すように、このGMR素子27にバイアス磁界を印加するための一対の永久磁石膜28a、28bが設けられている。

そして、一対の永久磁石膜 2 8 a、2 8 b に挟み込まれた部分の幅が、GMR 素子 2 7 の再生トラック幅 T_w となっている。さらに、一対の永久磁石膜 2 8 a、2 8 b 上には、この GMR 素子 2 7 の抵抗値を減少させるための一対の低抵抗化膜 2 9 a、2 9 b が設けられている。

【 0 0 4 3 】

また、GMR 素子 2 7 には、スピバルブ膜にセンス電流を供給するための一対の導体部 3 0 a、3 0 b が、その一端部側をそれぞれ一対の永久磁石膜 2 8 a、2 8 b、及び低抵抗化膜 2 9 a、2 9 b に接続するように設けられている。

また、導体部 3 0 a、3 0 b の他端部側には、外部回路と接続される一対の外部接続用端子 3 1 a、3 1 b が設けられている。

【 0 0 4 4 】

保護膜 2 2 は、GMR ヘッド 2 0 が形成された第 1 のコア部材 2 1 の主面を外部接続用端子 3 1 a、3 1 b が外部に臨む部分を除いて被覆すると共に、この GMR ヘッド 2 0 が形成された第 1 のコア部材 2 1 と第 2 のコア部材 2 3 とを接合する。

【 0 0 4 5 】

なお、図 3 及び図 4 に示す GMR ヘッド 2 0 は、特徴をわかりやすくするために、GMR 素子 2 7 の周辺を拡大して図示されているが、実際には、第 1 のコア部材 2 1 及び第 2 のコア部材 2 3 に比較して GMR 素子 2 7 は非常に微細であり、媒体摺動面 2 0 a において、GMR ヘッド 2 0 が外部に臨むのは、ほとんど第 1 のコア部材 2 1 と第 2 のコア部材 2 3 とが突き合わされた上部端面だけである。

【 0 0 4 6 】

上述した GMR ヘッド 2 0 は、チップベース（図示せず）に貼り付けられると共に、一対の外部接続用端子 3 1 a、3 1 b がチップベースに設けられた接続端子と電氣的に接続される。チップベースに設けられた GMR ヘッド 2 0 は、一対の再生用磁気ヘッド 1 2 a、1 2 b として、図 2 に示す回転ドラム 9 に取り付けられる。

【 0 0 4 7 】

ところで、磁気テープ装置においては、GMRヘッド20が磁気テープ2に直接接触した状態で再生動作を行うことから、磁気テープ2と摺動するGMRヘッドの媒体摺動面20aには、DLC(Diamond Like Carbon)膜等の保護膜を形成することができない。このため従来においては、GMRヘッドの媒体摺動面が直接大気と触れることになり、高温高湿下や海水雰囲気中において腐食等が発生しやすくなるといった問題があった。

【0048】

かかる点に鑑みて本発明においては、GMRヘッド20の媒体摺動面20aに保護膜を形成しない場合においても、優れた耐食性を示し、かつ高い磁気抵抗変化率を維持したスピバルブ膜を適用することによって、磁気テープ2に対する適切な再生動作を行うことを可能としている。

【0049】

具体的には、スピバルブ膜40を構成する反強磁性層42は優れた耐食性を示す材料によって形成するものとし、例えばPtMnが好適な例として挙げられる。

また、反強磁性層42は、PtMnの他、耐食性に優れたNiOや、IrMn、CrMnPt、 α -Fe₂O₃、RhMn、NiMn、PdPtMn等を適用することができる。

【0050】

スピバルブ膜40を構成する非磁性層44は、優れた耐食性を示し、かつ高導電性を示す、Au、CuAu、CuPd、CuPt、CuNi、CuRu、CuRhのいずれかより形成することができる。

非磁性層44を、CuAuよりなるものとする場合には、Cu、Auの組成比を、それぞれ $(100 - a_1)$ 、 a_1 (a_1 は、原子%を表す。)としたとき、組成範囲は、 $25 \leq a_1 < 100$ とすることが好適である。

非磁性層44を、CuPdよりなるものとする場合には、Cu、Pdの組成比を、それぞれ $(100 - a_3)$ 、 a_3 (a_3 は、原子%を表す。)としたとき、組成範囲は、 $5 \leq a_3 \leq 25$ とすることが好適である。

非磁性層44を、CuPtよりなるものとする場合には、Cu、Ptの組成比

を、それぞれ $(100 - a_4)$ 、 a_4 (a_4 は、原子%を表す。) としたとき、組成範囲は、 $5 \leq a_4 \leq 20$ とすることが好適である。

非磁性層 44 を、CuRu よりなるものとする場合には、Cu、Ru の組成比を、それぞれ $(100 - a_5)$ 、 a_5 (a_5 は、原子%を表す。) としたとき、組成範囲は、 $3 \leq a_5 \leq 15$ とすることが好適である。

非磁性層 44 を、CuNi よりなるものとする場合には、Cu、Ni の組成比を、それぞれ $(100 - a_6)$ 、 a_6 (a_6 は、原子%を表す。) としたとき、組成範囲は、 $25 \leq a_6 \leq 50$ とすることが好適である。

非磁性層 44 を、CuRh よりなるものとする場合には、Cu、Rh の組成比を、それぞれ $(100 - a_7)$ 、 a_7 (a_7 は、原子%を表す。) としたとき、組成範囲が、 $7 \leq a_7 \leq 20$ とすることが好適である。

【0051】

スピンバルブ膜 40 について、電気化学的手法を用いた腐食試験を行い、腐食試験前後における抵抗変化について測定すると共に、腐食試験後に表面観察を行い、腐食の発生の有無について調べた。

なお、本腐食試験においては、標準水素電極 (SHE : Standard Hydrogen Electrode) を参照電極として、濃度 0.1 mol/L の NaCl 溶液中に液浸させたときに測定される標準水素電極に対する腐食電位を測定するものとした。

【0052】

ところで腐食電位は、溶液の種類や濃度によって変化する。特に、金属や合金の腐食電位は、Cl との反応の有無によって大きく変化する。したがって、本腐食試験においては、高温高湿下、海水雰囲気中等の厳しい環境下における腐食の発生に関して着目し、これを回避するべく、濃度 0.1 mol/L の NaCl 溶液を用いた場合の腐食電位について測定することとした。

図 6 に示すような、所定のサンプルを用いた場合に得られた分極曲線において、サンプル側電極における電流密度が 0.1 mA/cm^2 以上流れたときの分極曲線から外挿した値の電位を腐食電位と定義した (参考文献 : スピンバルブ材料の物性、及川 悟ら、電子情報通信学会 MR96-91 (1997-01) p p 21~28)。

生が確認されず、腐食試験前後の抵抗変化も殆ど無いことが分かった。

一方、腐食電位が+0.4 [V vs SHE] よりも低くなると、スピバルブ膜40の表面に腐食が発生し、腐食試験前後の抵抗変化が急激に増加した。さらに腐食電位が低くなると、抵抗測定が不可能な状態まで腐食が進行した。

【0058】

上述したことから、スピバルブ膜40においては、濃度0.1 mol/LのNaCl溶液中に液浸されたときに測定される標準水素電極に対する腐食電位は、+0.4 [V vs SHE] 以上となることが好ましい。これにより、GMRヘッドではスピバルブ膜の腐食の発生が回避され、高い磁気抵抗変化率が維持される。

【0059】

次に、スピバルブ膜を構成する非磁性層44を、Au、CuAu、CuPd、CuPt、CuRu、CuNi、CuRhのいずれかにより形成した場合の、材料組成比と腐食電位との関係について調べた。

【0060】

[非磁性層をAu、又はCuAuにより形成した場合]

Cuに対するAuの添加量を変化させた際の非磁性層44の標準水素電極に対する腐食電位 [V vs SHE] の測定結果を図8に示す。

【0061】

図8に示すように、Cuに対するAuの割合と腐食電位とは略比例関係にあり、Cuに対するAuの添加量が増加すると、腐食電位が高くなるという関係があることが確認され、Auの添加量を25原子%以上とすることによって、上述した標準水素電極に対する腐食電位が、+0.4 [V vs SHE] 以上となることがわかった。

【0062】

次に、非磁性層44をCuAuにより構成した場合について、上述した腐食試験前後における非磁性層44の抵抗変化率と表面観察結果を図9に示した。

なお、図9において○は表面に腐食が確認されなかった場合を示し、■は表面に腐食の発生が確認された場合を示す。

【0063】

図9に示すように非磁性層44をCuAuにより形成する場合には、腐食試験前後の抵抗変化の測定結果及び表面観察結果から、Auを25原子%以上添加することにより、腐食が発生せず、優れた耐食性が得られることがわかった。

【0064】

なお、非磁性層44をCuAuにより構成した場合には、Auの添加量を低減化した方が磁気抵抗効果率が高い。

上述したことから、Cu、Auの組成比を、それぞれ $(100 - a_1)$ 、 a_1 （但し a は、原子%を表す。）としたとき、その組成範囲は、 $25 \leq a_1 \leq 100$ とすることが好ましく、さらには $25 \leq a_1 \leq 75$ 、さらには $25 \leq a_1 \leq 45$ であることが望ましい。これによりGMRヘッド20の媒体摺動面20aに保護膜を形成しない場合においても、非磁性層44の腐食の発生を防ぎ、優れた耐食性と優れた磁気抵抗効果を得ることが可能となる。

【0065】

〔非磁性層をCuPdにより形成した場合〕

Cuに対するPdの添加量を変化させた際の非磁性層44の標準水素電極に対する腐食電位〔V vs SHE〕の測定結果を図10に示す。

【0066】

図10に示すように、Cuに対するPdの添加量と腐食電位とはほぼ比例関係にあり、Pdの添加量を5原子%以上とすることによって、上述した標準水素電極に対する腐食電位が、+0.4〔V vs SHE〕以上となった。

【0067】

次に、非磁性層44をCuPdにより構成した場合において、上述した腐食試験前後における非磁性層44の抵抗変化率、表面観察結果、及び電気抵抗を、図11に示した。

なお、図11においては、○は表面に変化が生じなかった場合を示し、■は、表面に腐食が発生した場合を示す。電気抵抗はCuとの比率で表した。

【0068】

図11に示すように、非磁性層44をCuPdにより形成した場合には、腐食試験の前後の抵抗変化の測定結果及び表面観察結果から、Pdを5原子%以上添

加することにより、腐食が発生せず優れた耐食性が得られることが分かった。

【0069】

なお、図11中◆に示すように、CuPdの電気抵抗は、Pdの添加量の増加に伴い増加することがわかる。Pdの添加量が25原子%を超えると、非磁性層44の電気抵抗がスピンバルブ膜の実用上の支障を来す程度に大きくなり磁気抵抗効果が低下する。このことから、更に電気抵抗値を実用上良好な値となるように低減化するためには、Pdの添加量は25原子%以下、さらに好ましくは20原子%以下程度に選定することが望ましい。

上述したことから、非磁性層44をCuPdにより形成したものとする場合には、Cu、Pdの組成比を、それぞれ $(100 - a_3)$ 、 a_3 (a_3 は、原子%を表す。)としたとき、組成範囲は、 $5 \leq a_3 \leq 25$ とすることが好適である。

【0070】

〔非磁性層をCuPtにより形成した場合〕

Cuに対するPtの添加量を変化させた際の非磁性層44の標準水素電極に対する腐食電位〔V vs SHE〕の測定結果を図12に示す。

【0071】

図12に示すように、Cuに対するPtの添加量を5原子%以上とすることにより、上述した標準水素電極に対する腐食電位が、+0.4〔V vs SHE〕以上となった。

【0072】

次に、非磁性層44をCuPtにより構成した場合において、上述した腐食試験前後における非磁性層44の抵抗変化率、表面観察結果、及び電気抵抗を図13に示した。

なお、図13において、○は表面に変化が生じなかった場合を示し、■は表面に腐食が発生した場合を示す。電気抵抗はCuとの比率で表した。

【0073】

図13に示すように、非磁性層44をCuPtにより構成した場合においては、上述した腐食試験の前後の抵抗変化の測定結果及び表面観察結果から、Ptを5原子%以上添加することにより、腐食が発生せず、優れた耐食性が得られるこ

とがわかった。

【0074】

スピンバルブ膜40においては、反強磁性層42は磁化固定層43と交換結合しなければならず、そのために反強磁性層42にPtMnを用いる場合には規則化アニールが必要となる。

非磁性層44をCuPtにより構成した場合には、Ptを20原子%を超えて添加すると、CuPtは上記規則化アニールによって正方晶へ転移する。

また、図13中◆に示すように、CuPtの電気抵抗は、Ptの添加量の増加に伴い増加することがわかる。Ptの添加量が20原子%を超えると、非磁性層44の電気抵抗が、スピンバルブ膜の実用上の支障を来す程度に大きくなり、磁気抵抗効果が低下する。このことから、更に電気抵抗値を実用上良好な値となるように低減化するためには、Pdの添加量は20原子%以下、さらに好ましくは15原子%以下程度に選定することが望ましい。

上述したように、非磁性層44を、CuPtにより形成する場合には、Cu、Ptの組成比を、それぞれ $(100 - a_4)$ 、 a_4 (a_4 は、原子%を表す。)としたとき、組成範囲は、 $5 \leq a_4 \leq 20$ とすることが好適である。

【0075】

〔非磁性層をCuRuにより形成した場合〕

Cuに対するRuの添加量を変化させた際の非磁性層44の標準水素電極に対する腐食電位〔V vs SHE〕の測定結果を図14に示す。

【0076】

図14に示すように、Cuに対するRuの添加量が増加すると、腐食電位が高くなるという関係にあり、Ruの添加量を3原子%以上とすることによって、上述した標準水素電極に対する腐食電位が、+0.4〔V vs SHE〕以上となることわかった。

【0077】

次に、非磁性層44をCuRuにより構成した場合において、上述した腐食試験前後における非磁性層44の抵抗変化率、表面観察結果、及び電気抵抗を、非磁性層44を図15に示した。

なお、図15においては、○は表面に変化が生じなかった場合を示し、■は、表面に腐食が発生した場合を示す。電気抵抗はCuとの比率で表した。

【0078】

図15に示すように非磁性層44をCuRuにより形成した場合には、腐食試験の前後の抵抗変化の測定結果及び表面観察結果から、Ruを3原子%以上添加することにより、腐食が発生せず、優れた耐食性が得られることが分かった。

【0079】

なお、図15中◆に示すように、CuRuの電気抵抗は、Ruの添加量の増加に伴い高くなる。

Ruの添加量が15原子%を超えると、非磁性層44の電気抵抗がスピバルブ膜の実用上の支障を来す程度に高くなり磁気抵抗効果が低下する。このことから、更に電気抵抗値を実用上良好な値となるように低減化するためには、Ruの添加量は15原子%以下、更には10原子%以下程度とすることが望ましい。

上述したように、非磁性層44を、CuRuよりなるものとする場合には、Cu、Ruの組成比を、それぞれ $(100 - a_5)$ 、 a_5 (a_5 は、原子%を表す。)としたとき、組成範囲は、 $3 \leq a_5 \leq 15$ とすることが好適である。

【0080】

〔非磁性層をCuNiにより形成した場合〕

Cuに対するNiの添加量を変化させた際の非磁性層44の標準水素電極に対する腐食電位〔V vs SHE〕の測定結果を図16に示す。

図16に示すように、Cuに対するNiの添加量と腐食電位とはほぼ比例関係にあり、Niの添加量を25原子%以上とすることによって、上述した標準水素電極に対する腐食電位が、+0.4〔V vs SHE〕以上となった。

【0081】

次に、非磁性層44をCuNiにより構成した場合において、上述した腐食試験前後における非磁性層44の抵抗変化率、表面観察結果、及び電気抵抗を図17に示す。

なお、図17においては、○は表面に変化が生じなかった場合を示し、■は、表面に腐食が発生した場合を示す。なお電気抵抗は非磁性層44をCuにより構

成した場合と比較して数値化した。

【0082】

図17に示すように非磁性層44をCuNiにより形成した場合には、腐食試験の前後の抵抗変化の測定結果及び表面観察結果から、Niを25原子%以上添加することにより、腐食が発生せず、優れた耐食性が得られることが分かった。

【0083】

また、図17中◆に示すように、CuNiの電気抵抗は、Niの添加量の増加に伴い高くなることがわかる。

Niの添加量が50原子%を超えると、非磁性層44の電気抵抗が、スピナル膜の実用上の支障を来す程度に高くなり磁気抵抗効果が低下する。このことから、更に電気抵抗値を実用上良好な値となるように低減化するためには、Niの添加量は50重量%以下、更には45原子%以下程度とすることが望ましい。

上述したように、非磁性層44をCuNiにより形成する場合には、Cu、Niの組成比を、それぞれ $(100 - a_6)$ 、 a_6 (a_6 は、原子%を表す。)としたとき、組成範囲は $25 \leq a_6 \leq 50$ とすることが好適である。

【0084】

〔非磁性層をCuRhにより形成した場合〕

Cuに対するRhの添加量を変化させた際の非磁性層44の標準水素電極に対する腐食電位 [V vs SHE] の測定結果を図18に示す。

図18に示すように、Rhの添加量を7原子%以上とすることによって、上述した標準水素電極に対する腐食電位が、+0.4 [V vs SHE] 以上となる。

【0085】

次に、非磁性層44をCuRhにより形成した場合において、上述した腐食試験前後における非磁性層44の抵抗変化率と表面観察結果を図19に示し、Rhの添加量と腐食試験前後の電気抵抗を図20に示した。

なお、図19においては、○は表面に変化が生じなかった場合を示し、■は、表面に腐食が発生した場合を示す。図20における電気抵抗はCuとの比率で表した。

【0086】

図19に示すように非磁性層44をCuRhにより構成した場合には、腐食試験の前後の抵抗変化率の測定結果及び表面観察結果から、Rhを7原子%以上添加することにより、腐食が発生せず、優れた耐食性が得られた。

【0087】

なお、図20中◆に示すように、CuRhの電気抵抗は、Rhの添加量の増加に伴い増加する。Rhの添加量が20原子%を超えると、非磁性層44の電気抵抗が、非磁性層44をCuのみで構成させた場合に比較して極めて大きくなり、スピンバルブ膜の実用上の支障を来す程度となって磁気抵抗効果が低下する。このことから、更に電気抵抗値を実用上良好な値となるように低減化するためには、Rhの添加量は20原子%以下程度とすることが望ましい。

上述したように、非磁性層44をCuRhにより形成する場合には、CuとRhとの組成比を、それぞれ $(100 - a_7)$ 、 a_7 (a_7 は、原子%を表す。)としたとき、組成範囲が、 $7 \leq a_7 \leq 20$ とすることが好適である。

【0088】

なお、上述した非磁性層44には、Au、Al、Ta、In、B、Nb、Hf、Mo、W、Re、Pt、Pd、Rh、Ga、Zr、Ir、Ag、Ni、Ruから選ばれる少なくとも一種又は二種以上の元素が任意に添加されていてもよい。

【0089】

次に、スピンバルブ膜40を構成する磁化固定層43及び磁化自由層45について説明する。

磁化固定層43及び磁化自由層45は、優れた耐食性を示し、かつ良好な軟磁気特性を示すNiFe又はCoNiFeを適用する。これらはどちらか一方でもよく、組合せてもよい。また、磁化固定層43及び磁化自由層45は、これらの合金を積層した積層構造、もしくはこれらの合金と、例えばRu等からなる非磁性膜とを交互に積層した積層フェリ構造としてもよい。

【0090】

磁化固定層43及び磁化自由層45に関して、Co、Ni、Feの組成比を変化させたNiFe、又はCoNiFeのサンプルを作製し、各サンプルについて

、上述した方法と同様に濃度 0.1 mol/L の NaCl 溶液を用いて腐食電位を測定すると共に、腐食試験後に表面観察を行い、腐食の発生の有無について調べた。

【0091】

図21に、 Co 、 Ni 、 Fe の組成比を変化させた際の腐食試験の評価結果を示す。なお図21中、○は表面に腐食の発生がなく、濃度 0.1 mol/L の NaCl 溶液中に液浸したときに測定される標準水素電極に対する腐食電位が、 $+0.4 \text{ [V vs SHE]}$ 以上となった場合を示し、●は表面に腐食が発生した場合を示す。

【0092】

また、■は保磁力 H_c が 100 e (796 A/m) よりも高くなる場合を示し、▲は、 bcc 相 (体心立方構造) となる場合を示す。なお、 $H_c > 100 \text{ e}$ となる場合は保磁力の増加によって磁気抵抗効果が劣化する。

また、 NiFe 又は CoNiFe は、共に fcc 相 (面心立方構造) である方が磁気抵抗効果は高くなる。一方、他の結晶構造となる場合には、界面での格子の不整合が生じ、磁気抵抗効果が劣化する。また、 fcc 相と bcc 相とが混在する場合も、界面での格子の不整合が生じ、磁気抵抗効果が劣化する。

【0093】

図21に示すように、 Co 、 Ni 、 Fe に対して、 Co の含有量が 75 原子% よりも大きく、 Ni の含有量が 15 原子% よりも小さいと、磁化固定層43及び磁化自由層45に腐食が発生しやすくなることがわかった。また、 Co 、 Ni 、 Fe に対して、 Ni の含有量が 95 原子% よりも大きくなり、 Fe の含有量が 5 原子% よりも小さくなると、磁化固定層43及び磁化自由層45の保磁力 H_c が大きくなり、磁気抵抗効果が劣化することがわかった。

また、 Co 、 Ni 、 Fe に対して、 Fe の含有量が 40 原子% よりも大きくなると、磁化固定層43及び磁化自由層45に腐食が発生しやすくなることがわかった。

【0094】

上述したことから非磁性層を Au 、 CuAu 、 CuPd 、 CuPt 、 CuNi

、CuRu、CuRhのいずれかより形成することとし、磁化固定層43及び磁化自由層45をFeNi又はCoNiFeにより形成する場合には、Co、Ni、Feの組成比を、それぞれb、c、d（b、c、dは、それぞれ原子%を表す。）としたときに、その組成範囲が、 $0 \leq b \leq 75$ 、 $15 \leq c \leq 95$ 、 $5 \leq d \leq 40$ （ $b + c + d = 100$ 原子%）とすることが好適である。

【0095】

すなわち、磁化固定層43及び磁化自由層45においては、図22に示すように、Co、Ni、Feの組成比が、点A（Co=0原子%、Ni=95原子%、Fe=5原子%）、点B（Co=0原子%、Ni=60原子%、Fe=40原子%）、点C（Co=45原子%、Ni=15原子%、Fe=40原子%）、点D（Co=75原子%、Ni=15原子%、Fe=10原子%）、点E（Co=75原子%、Ni=20原子%、Fe=5原子%）の5点で囲まれた実線の範囲内にあることが好ましい。このような組成比に選定することにより、磁気テープ2と摺動される媒体摺動面20aに保護膜を形成しない場合であっても、スピンバルブ膜を構成する磁化固定層43及び磁化自由層45の腐食の発生を防止することができる。

【0096】

さらに、磁化固定層43及び磁化自由層45においてCo、Ni、Feの組成範囲が、 $20 \leq b \leq 75$ 、 $20 \leq c \leq 75$ 、 $5 \leq d \leq 40$ となる、すなわちCo、Ni、Feの組成比が、図22中の点F（Co=20原子%、Ni=75原子%、Fe=5原子%）、点G（Co=20原子%、Ni=40原子%、Fe=40原子%）、点H（Co=40原子%、Ni=20原子%、Fe=40原子%）、点E（Co=75原子%、Ni=20原子%、Fe=5原子%）の4点で囲まれた破線の範囲内にあることが好ましい。

これにより、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッド20においては、磁化固定層43及び磁化自由層45が優れた耐食性を示し、かつ高い磁気抵抗効果率を維持することが可能であると共に、特にCoの割合が増すことによって磁気抵抗変化率を高めることが可能である。

【0097】

さらにまた、磁化固定層43及び磁化自由層45は、Co、Ni、Feの組成範囲が、 $40 \leq b \leq 75$ 、 $20 \leq c \leq 65$ 、 $5 \leq d \leq 30$ となる、すなわちCo、Ni、Feの組成比が、図22中、点X (Co=30原子%、Ni=65原子%、Fe=5原子%)、Y点 (Co=30原子%、Ni=40原子%、Fe=30原子%)、点Z (Co=50原子%、Ni=20原子%、Fe=30原子%)、点E (Co=75原子%、Ni=20原子%、Fe=5原子%)の4点で囲まれた範囲内にあるものとする事により、磁化固定層43及び磁化自由層45が優れた耐食性を示し、かつ高い磁気抵抗効果率を維持することが可能であると共に、優れた耐食性と高い磁気抵抗効果率とを高次元でバランスさせることが可能となる。

【0098】

なお、上述したスピバルブ膜40においては、磁化固定層43及び磁化自由層45は、上述した組成比を有するNiFe又はCoNiFeに、Au、Ir、Pt、Al、Rh、Cr、Pd、Ruから選ばれる少なくとも一種又は二種以上の元素が添加されていてもよい。

【0099】

次に、スピバルブ膜40における磁化固定層43及び磁化自由層45の磁歪について説明する。磁化固定層43及び磁化自由層45の磁歪が大きいとき、特に磁歪が正の値に大きいときはGMRヘッド20のノイズの原因になる。これは、スピバルブ膜40に微小な内部応力がはたらくため、磁歪が $+1.0 \times 10^{-5}$ より高い場合、磁化固定層43及び磁化自由層45内に磁化が発生し、磁区を作るため磁化固定層43及び磁化自由層45は単磁区構造が乱れ、GMRヘッド20のノイズの原因となるからである。

【0100】

図22に示した高い耐食性の示すCoNiFeのうち、Co、Ni、Feの組成範囲が、 $0 \leq b \leq 35$ 、 $60 \leq c \leq 95$ 、 $5 \leq d \leq 40$ となる、すなわちCo、Ni、Feの組成比が、図23中、点A (Co=0原子%、Ni=95原子%、Fe=5原子%)、点B (Co=0原子%、Ni=60原子%、Fe=40原子%)、点I (Co=35原子%、Ni=60原子%、Fe=5原子%)の3点

で囲まれた領域、又は $20 \leq b \leq 75$ 、 $15 \leq c \leq 40$ 、 $5 \leq d \leq 40$ となる、すなわち Co、Ni、Fe の組成比が、図 23 中、点 C (Co = 45 原子%、Ni = 15 原子%、Fe = 40 原子%)、点 D (Co = 75 原子%、Ni = 15 原子%、Fe = 10 原子%)、点 E (Co = 75 原子%、Ni = 20 原子%、Fe = 5 原子%)、点 J (Co = 65 原子%、Ni = 30 原子%、Fe = 5 原子%)、点 G (Co = 20 原子%、Ni = 40 原子%、Fe = 40 原子%) の 6 点で囲まれた実線の範囲内にあれば磁歪が $+1.0 \times 10^{-5}$ 以下となる。

【0101】

上述した耐食性と磁歪の検討結果から、CoNiFe の組成範囲が $0 \leq b \leq 35$ 、 $60 \leq c \leq 95$ 、 $5 \leq d \leq 40$ 、あるいは $20 \leq b \leq 75$ 、 $15 \leq c \leq 45$ 、 $5 \leq d \leq 40$ であれば、耐食性に優れ、かつ磁歪が小さくノイズの低減化を図ることが可能である。

【0102】

さらには、CoNiFe の組成範囲が $20 \leq b \leq 35$ 、 $60 \leq c \leq 75$ 、 $5 \leq d \leq 20$ 、あるいは $20 \leq b \leq 75$ 、 $15 \leq c \leq 40$ 、 $5 \leq d \leq 40$ 、すなわち Co、Ni、Fe の組成比が、図 23 中の点 F (Co = 20 原子%、Ni = 75 原子%、Fe = 5 原子%)、点 K (Co = 20 原子%、Ni = 60 原子%、Fe = 20 原子%)、点 I (Co = 45 原子%、Ni = 60 原子%、Fe = 5 原子%) の 3 点で囲まれた破線の範囲内、あるいは図 23 中の点 H (Co = 40 原子%、Ni = 20 原子%、Fe = 40 原子%)、点 E (Co = 75 原子%、Ni = 20 原子%、Fe = 5 原子%)、点 J (Co = 65 原子%、Ni = 30 原子%、Fe = 5 原子%)、点 G (Co = 20 原子%、Ni = 40 原子%、Fe = 40 原子%) の 4 点で囲まれた破線の範囲内にあれば、耐食性の向上が図られ、高い磁気抵抗効果が得られ、磁歪を小さくできノイズの低減化を図ることが可能である。

【0103】

また、上述した組成比を有する NiFe 又は CoNiFe である磁化固定層 43 及び磁化自由層 45 は、スピンバブル 40 においてそれぞれ異なってもよく、また、複数の組合せによって構成されていてもよい。

【0104】

上述したような条件を満足するスピバルブ膜 4 0 として、具体的には、例えば下地層 4 1 となる T a と、磁化自由層 4 5 となる $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 及び $\text{Co}_{50}\text{Ni}_{30}\text{Fe}_{20}$ と、非磁性層となる $\text{Cu}_{70}\text{Au}_{30}$ と、磁化固定層 4 3 となる $\text{Co}_{50}\text{Ni}_{30}\text{Fe}_{20}$ と、反強磁性層 4 2 となる P t M n と、保護層 4 6 となる T a とが順次積層されてなるスピバルブ膜 4 0 を備える構成としたところ、優れた耐食性を示し、磁気テープと摺動される媒体摺動面 2 0 a に保護膜を形成しない場合であっても、高温高湿下や海水雰囲気中等の厳しい使用条件下においても腐食の発生を防止することができ、磁気テープ 2 に対する適切な再生動作を行うことが可能であることが確認できた。

特に、ヘリカルスキャン方式を用いた磁気テープ装置 1 において、このような GMR ヘッドを再生用磁気ヘッド 1 2 a、1 2 b として適用したところ、優れた耐食性を得ることができた。

【0105】

また、非磁性層として A u、C u P d、C u P t、C u N i、C u R u、C u R h のいずれかを適用しても、上述した場合と同様に、優れた耐食性を示し、媒体摺動面 2 0 a に保護膜を形成しない場合であっても、高温高湿下や海水雰囲気中等の厳しい使用条件下においても腐食の発生が回避され、適切な再生動作を行うことができた。

【0106】

なお、本発明においては、上述したような構成の GMR ヘッド 2 0 に限定されず、例えば GMR ヘッド上に、電磁誘導を利用したインダクティブ型磁気ヘッドが積層されてなる複合型磁気ヘッドにも適用可能である。

また、本発明は、絶縁層を介して一対の磁性層を積層し、一方の磁性層から他方の磁性層に流れるトンネル電流のコンダクタンスが一対の磁性層の磁化の相対角度に依存して変化する磁気トンネル接合素子を備える磁気トンネル効果型磁気ヘッドにも適用可能である。

【0107】

【発明の効果】

本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドによれば、スピバルブ膜の標準水素電極

に対する腐食電位を特定し、優れた耐食性を示し、かつ高い磁気抵抗変化率を維持可能なものとしたことにより、磁気記録媒体と摺接される面に保護膜を形成しない場合においても、高温高湿下や海水雰囲気中等の厳しい使用条件下においても腐食の発生を防止することができ、磁気記録媒体に対する適切な再生動作を行うことが可能となった。

【 0 1 0 8 】

また、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドによれば、スピバルブ膜を構成する各層の材料及びその組成を適切に選定したことにより、腐食の発生を回避でき、優れた耐食性が得られた。

【 0 1 0 9 】

また、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドによれば、スピバルブ膜を構成する磁化固定層及び磁化自由層の材料組成を適切に選定したことにより、ノイズの低減化が図られた。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

磁気テープ用の記録再生装置の概略平面図を示す。

【図 2】

記録再生装置を構成するヘッドドラムの概略斜視図を示す。

【図 3】

本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの概略斜視図を示す。

【図 4】

GMRヘッドを媒体摺接面側から見た端面図を示す。

【図 5】

- (a) ボトム型のスピバルブ膜の概略断面図を示す。
- (b) トップ型のスピバルブ膜の概略断面図を示す。
- (c) デュアル型のスピバルブ膜の概略断面図を示す。

【図 6】

腐食電位の定義についての説明図を示す。

【図 7】

腐食電位と腐食試験前後の抵抗変化率との関係、及び表面観察結果を示す。

【図 8】

非磁性層を Au 、 CuAu としたときの組成比と標準水素電極に対する腐食電位との関係を示す。

【図 9】

非磁性層を CuAu としたときの組成比と、腐食試験前後の抵抗変化率、表面観察結果を示す。

【図 10】

非磁性層を CuPd としたときの組成比と標準水素電極に対する腐食電位との関係を示す。

【図 11】

非磁性層を CuPd としたときの組成比と、腐食試験前後の抵抗変化率と表面観察結果、電気抵抗測定結果の特性図を示す。

【図 12】

非磁性層を CuPt としたときの組成比と標準水素電極に対する腐食電位との関係を示す。

【図 13】

非磁性層を CuPt としたときの組成比と、腐食試験前後の抵抗変化率と表面観察結果、電気抵抗測定結果の特性図を示す。

【図 14】

非磁性層を CuRu としたときの組成比と標準水素電極に対する腐食電位との関係を示す。

【図 15】

非磁性層を CuRu としたときの組成比と、腐食試験前後の抵抗変化率と表面観察結果、電気抵抗測定結果の特性図を示す。

【図 16】

非磁性層を CuNi としたときの組成比と標準水素電極に対する腐食電位との関係を示す。

【図 17】

非磁性層をCuNiとしたときの組成比と、腐食試験前後の抵抗変化率、表面観察結果、電気抵抗測定結果との関係図を示す。

【図 1 8】

非磁性層をCuRhとしたときの組成比と標準水素電極に対する腐食電位との関係を示す。

【図 1 9】

非磁性層をCuRhとしたときの組成比と、腐食試験前後の抵抗変化率、表面観察結果の特性図を示す。

【図 2 0】

非磁性層をCuRhとしたときの組成比と電気抵抗の特性図を示す。

【図 2 1】

磁化固定層及び磁化自由層に関して、組成比を変化させた場合の腐食試験結果を示す。

【図 2 2】

磁化固定層及び磁化自由層に関して、腐食を効果的に防止する好適な組成比の範囲を示す。

【図 2 3】

磁化固定層及び磁化自由層に関して、耐食性及び磁気抵抗効果率の向上、ノイズの低減化を図るために好適な組成比の範囲を示す。

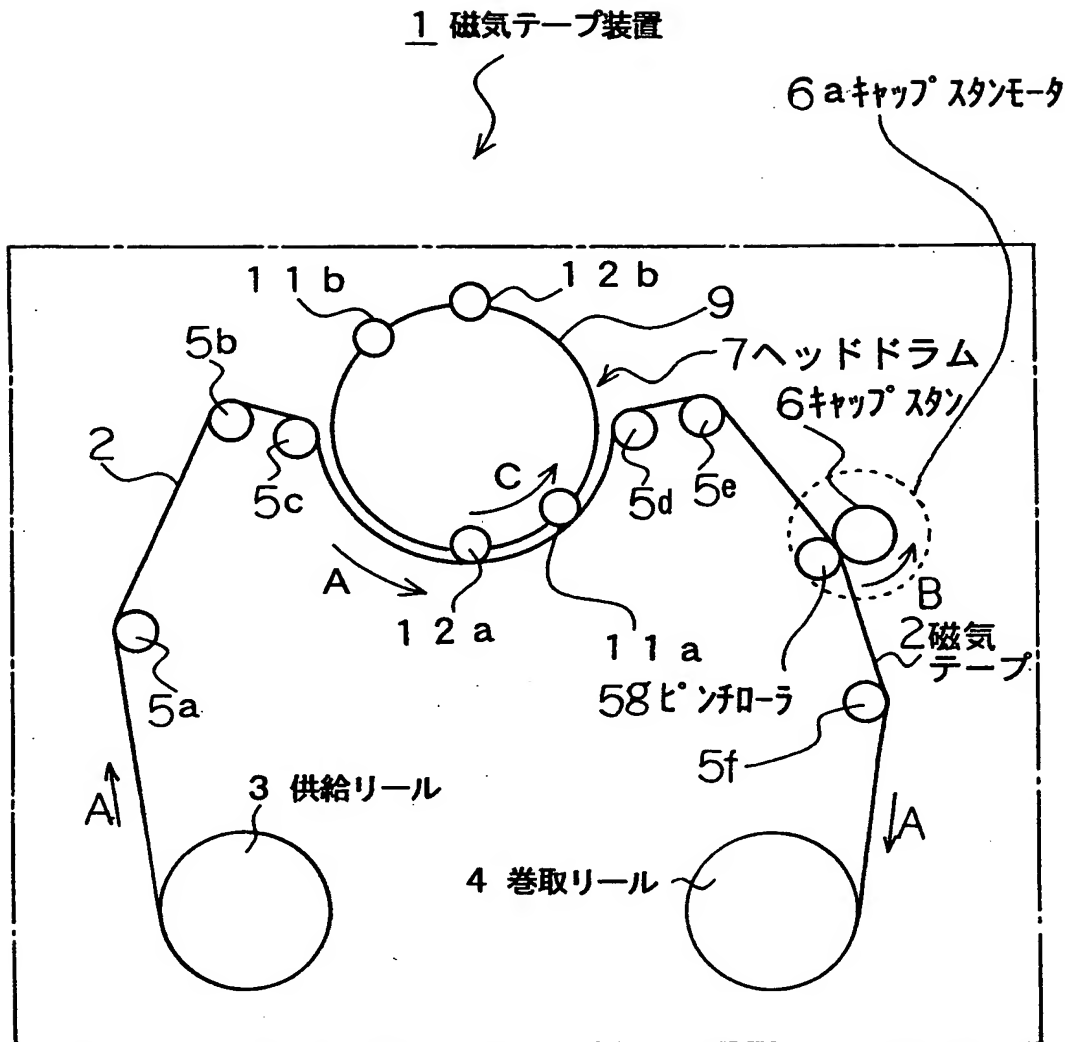
【符号の説明】

1 ……磁気テープ装置、2 ……磁気テープ、3 ……供給リール、4 ……巻取リール、5 a ～ 5 f ……ガイドローラ、5 g ……ピンチローラ、6 ……キャップスタン、6 a ……キャップスタンモータ、7 ……ヘッドドラム、8 ……駆動モータ、9 ……回転ドラム、10 ……固定ドラム、11 a, 11 b ……記録用磁気ヘッド、12 a, 12 b ……再生用磁気ヘッド、20 ……GMRヘッド、21 ……第1のコア部材、22 ……保護膜、23 ……第2のコア部材、24, 25 ……磁気シールド層、26 ……ギャップ層、27 ……GMR素子、28 a, 28 b ……永久磁石膜、29 a, 29 b ……低抵抗化膜、30 a, 30 b ……導体部、31 a, 31 b ……外部接続用端子、40, 40 a, 40 b, 40 c ……スピンバルブ膜

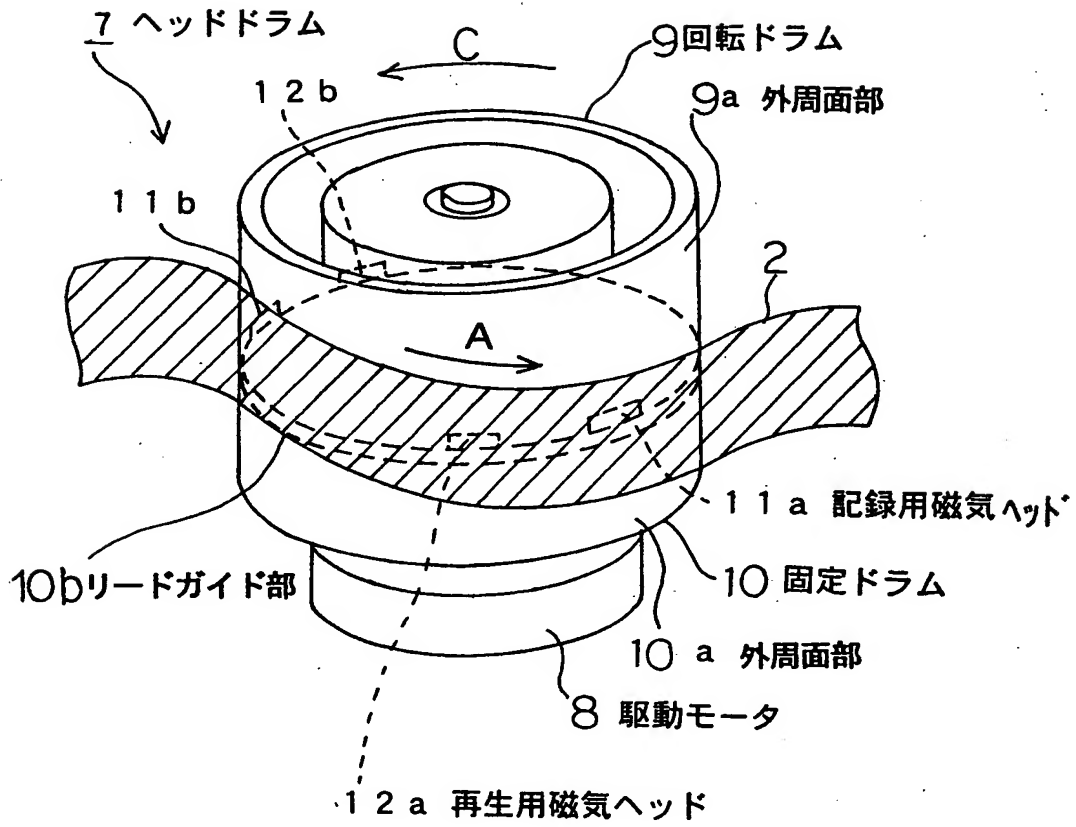
、 4 1 ……下地層、 4 2 ……反強磁性層、 4 3 ……磁化固定層、 4 4 ……非磁性層、 4 5 ……磁化自由層、 4 6 ……保護層

【書類名】 図面

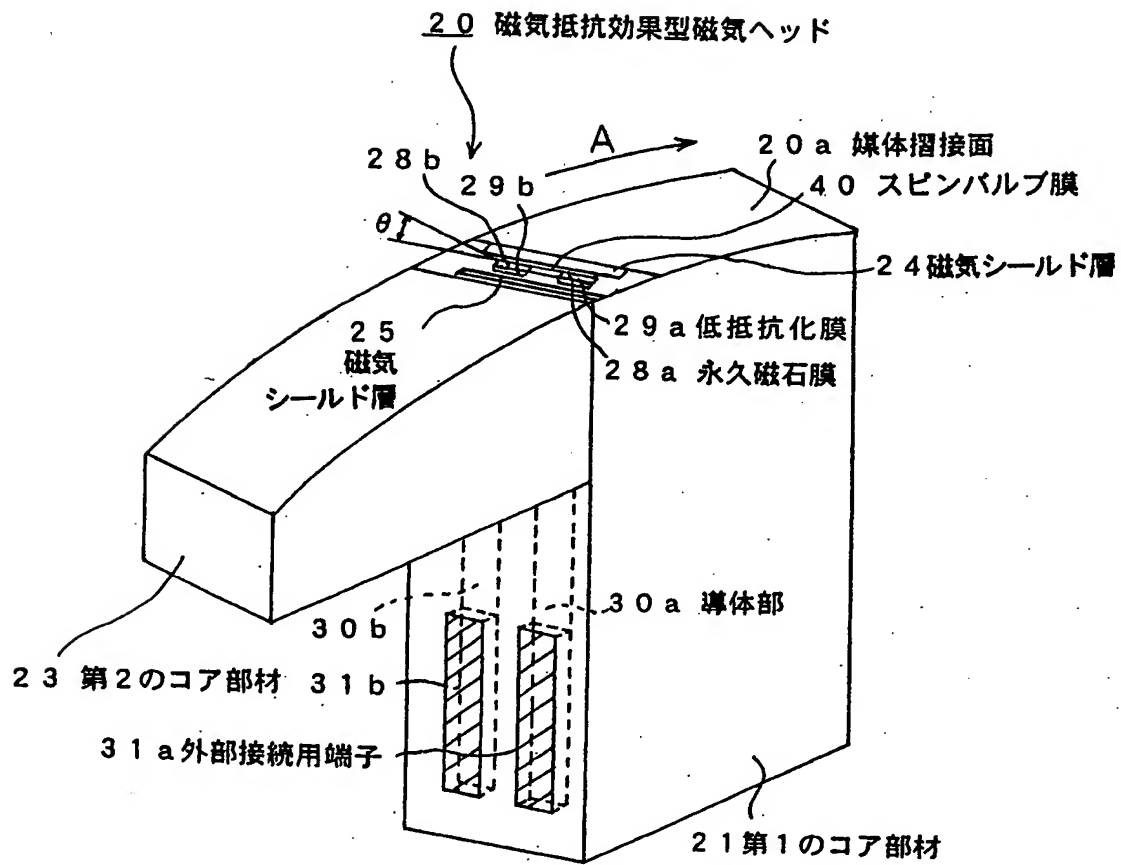
【図1】



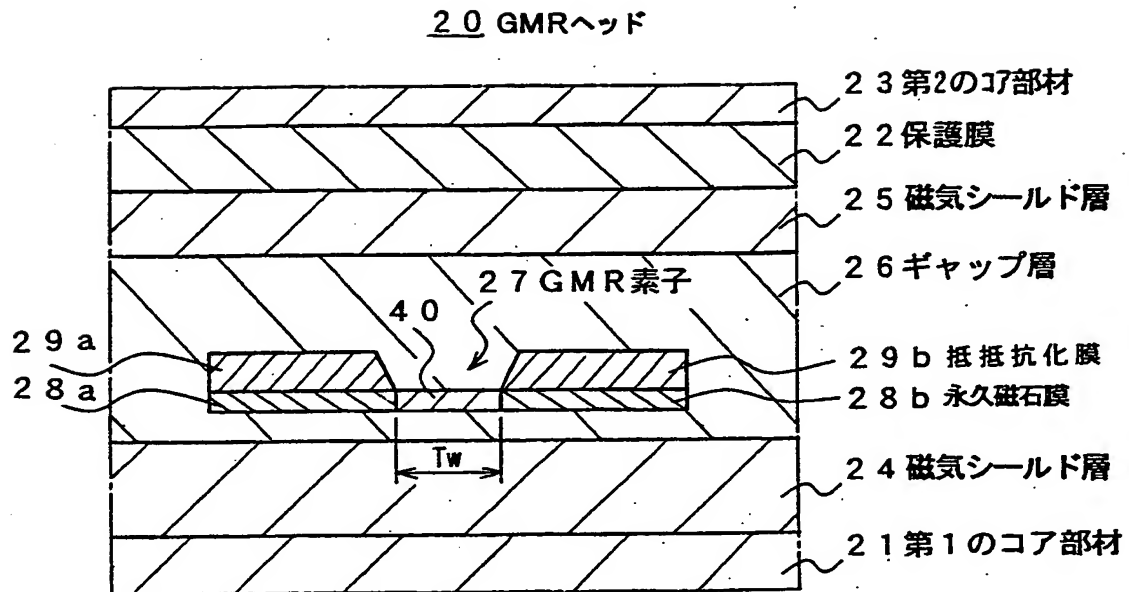
【図 2】



【図 3】

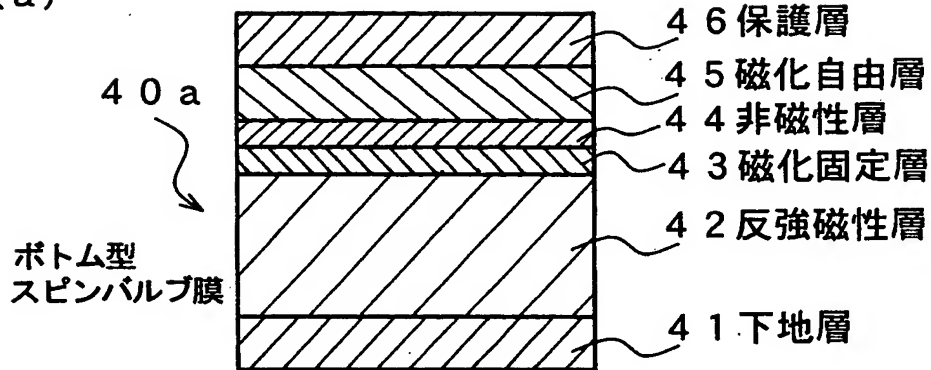


【図 4】

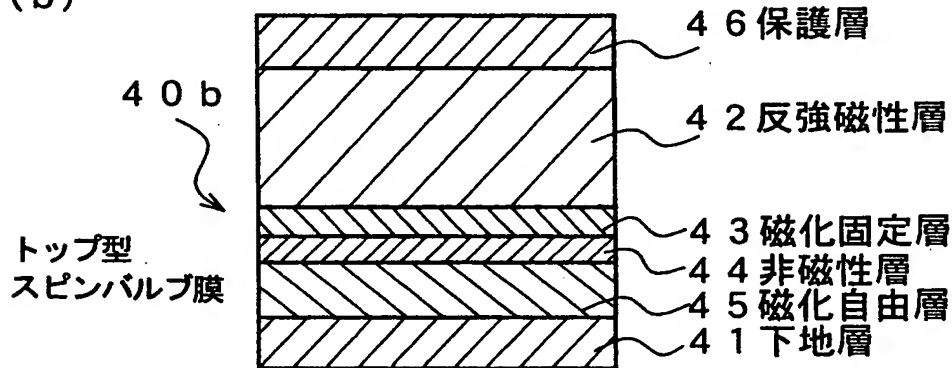


【図 5】

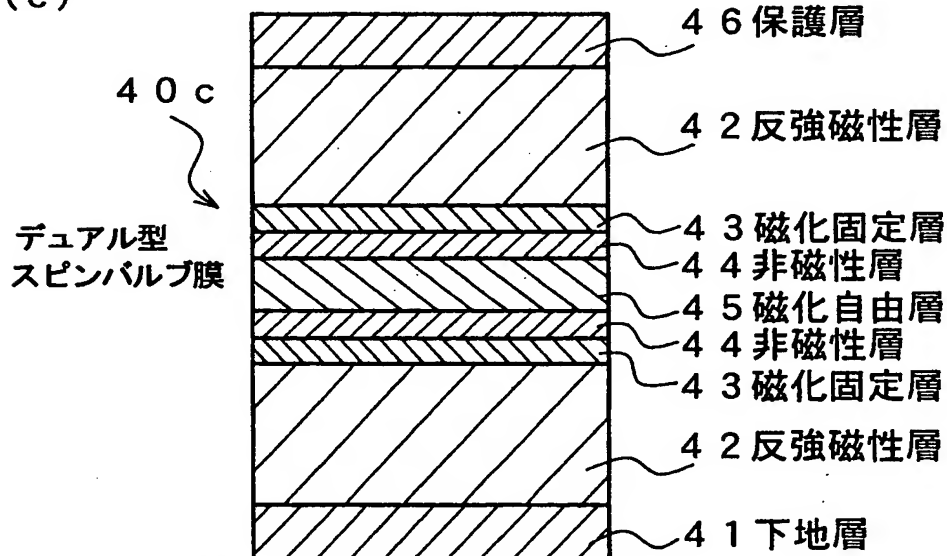
(a)



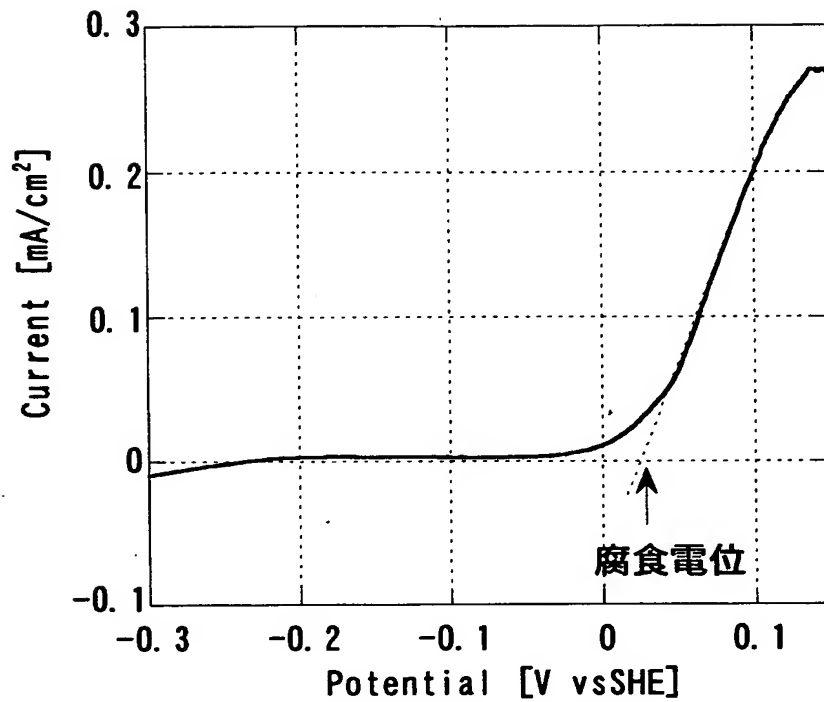
(b)



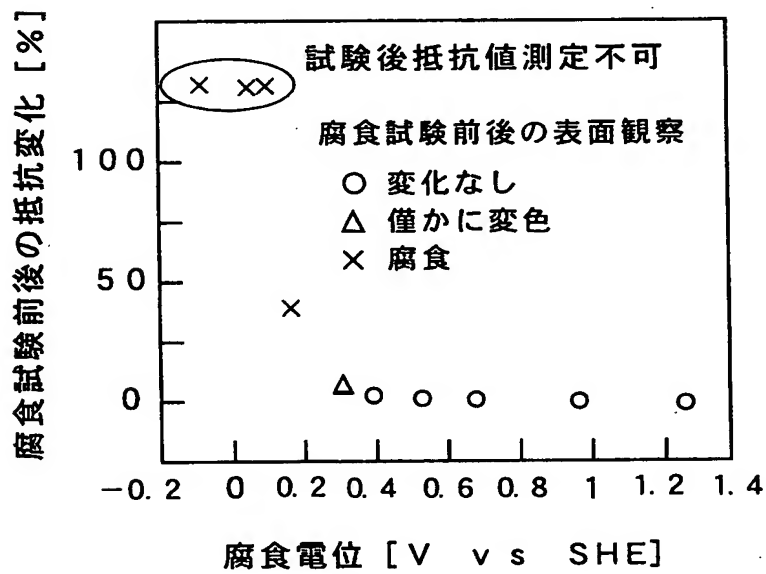
(c)



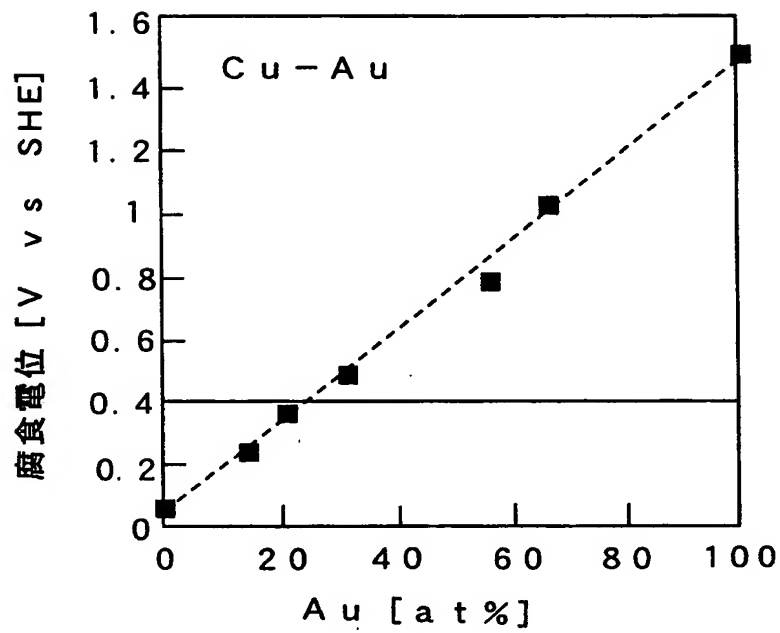
【図6】



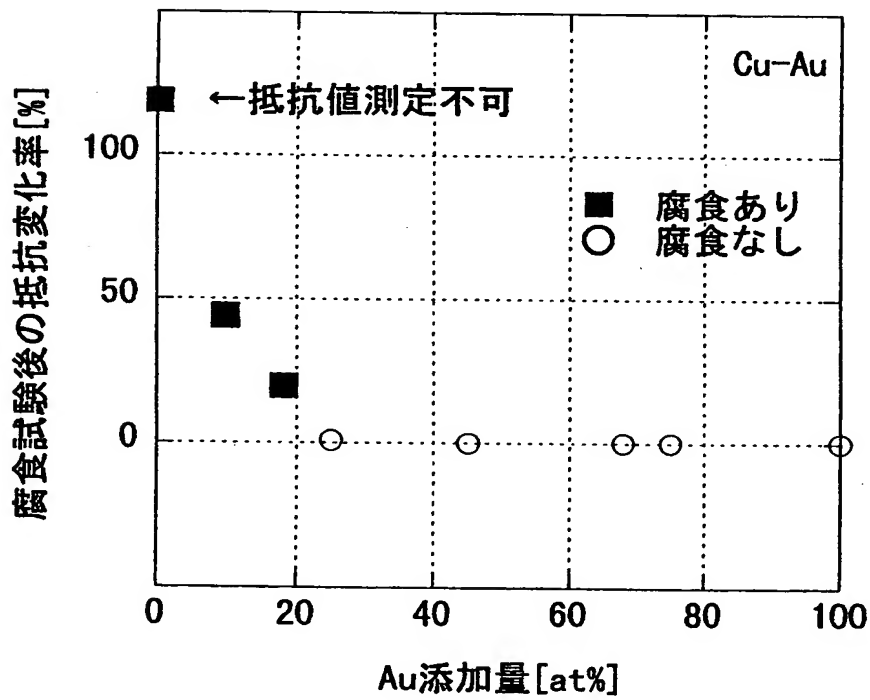
【図7】



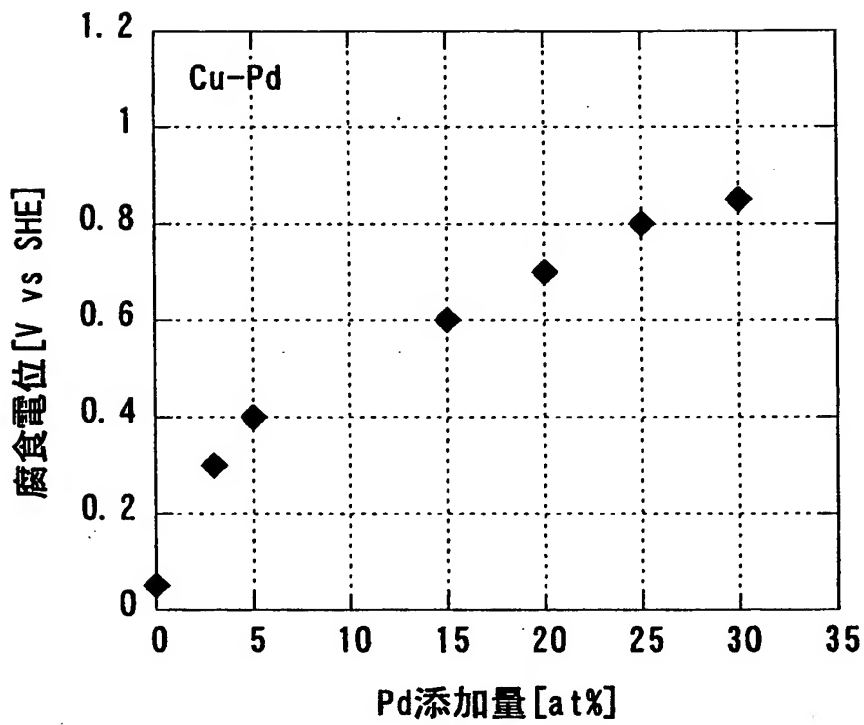
【図 8】



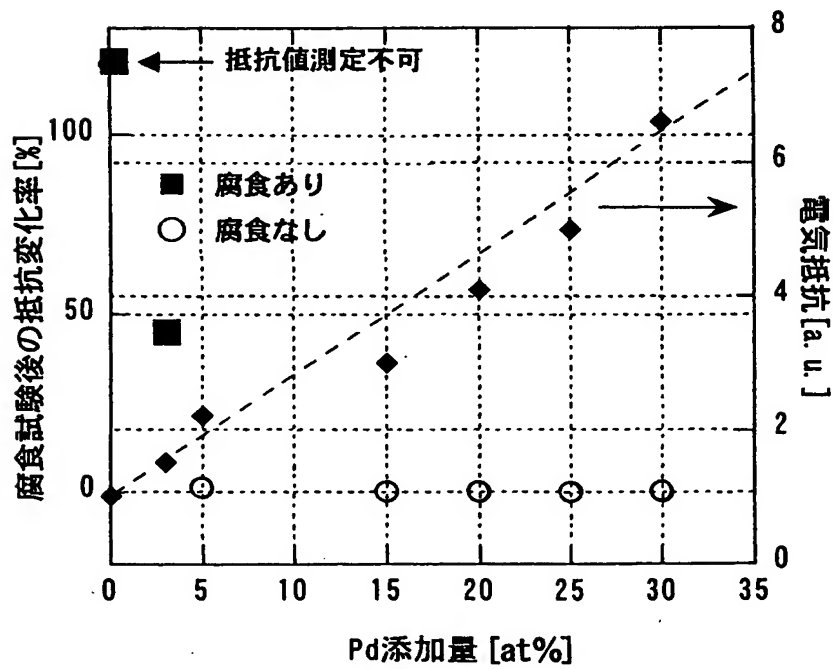
【図 9】



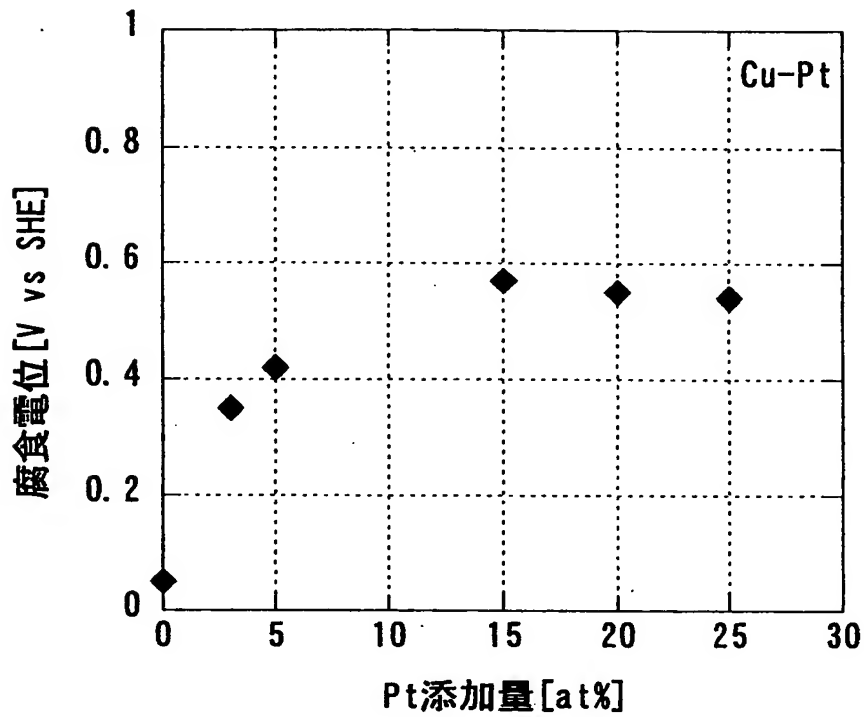
【図10】



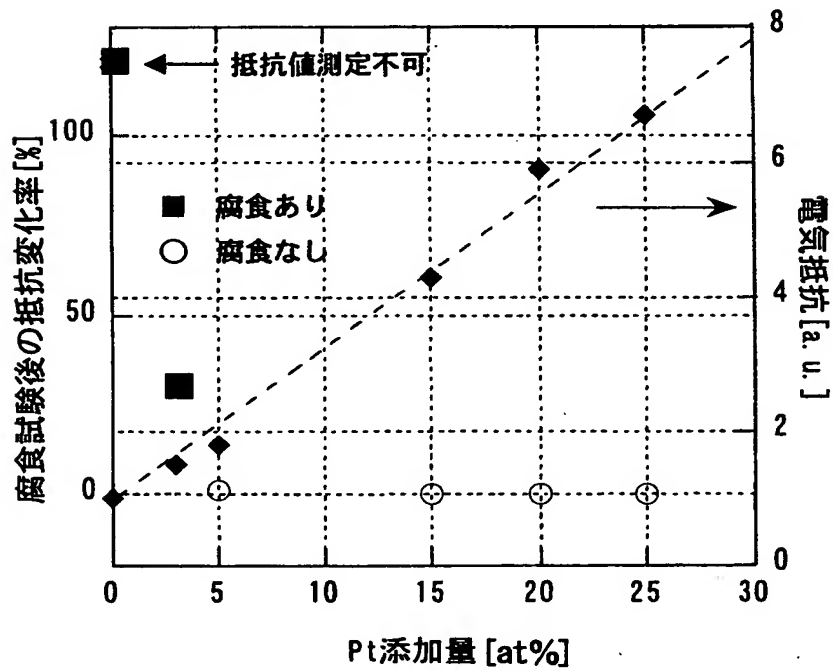
【図11】



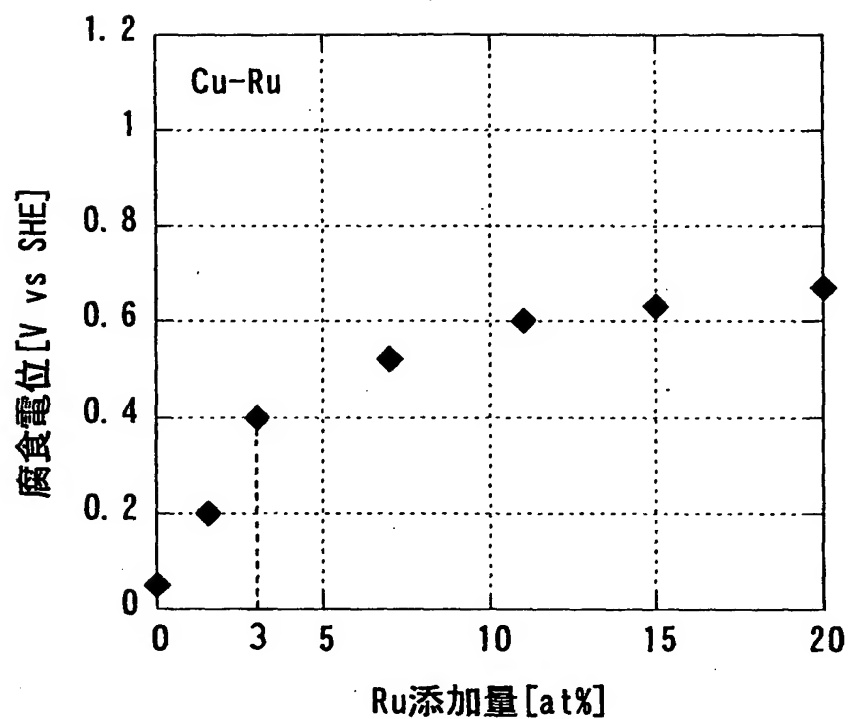
【図12】



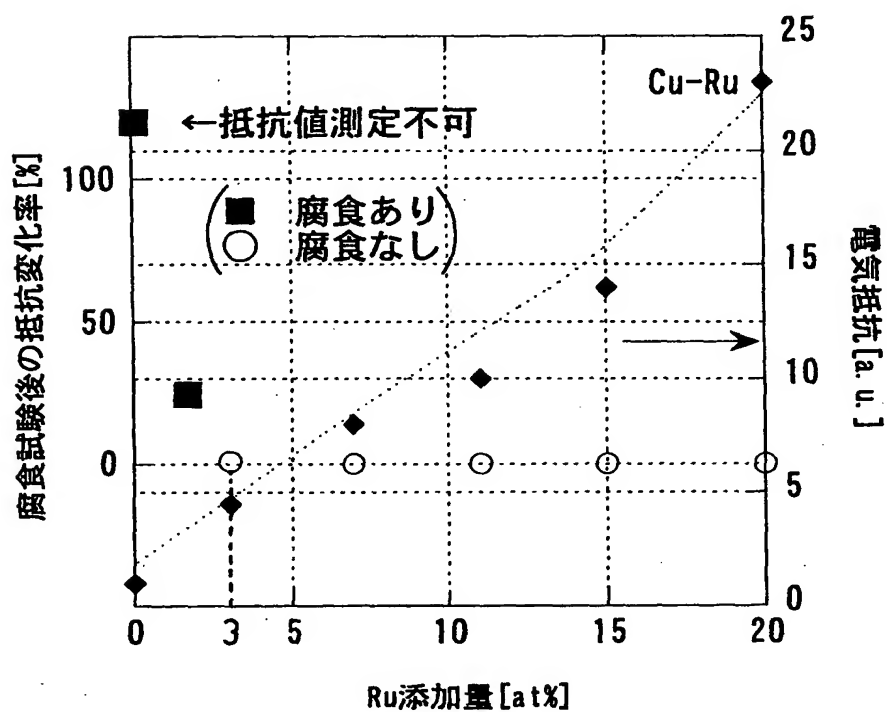
【図13】



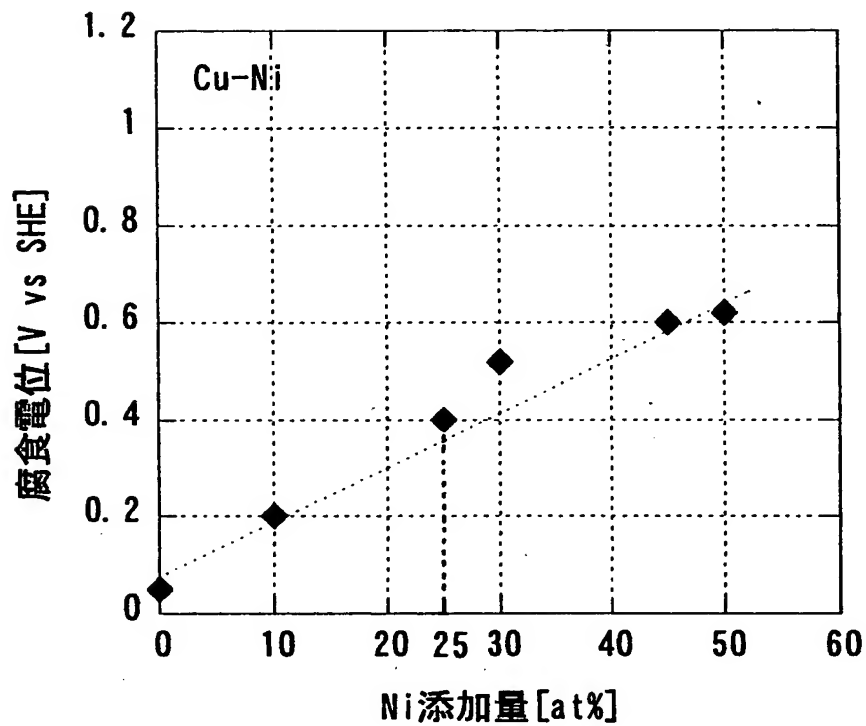
【図14】



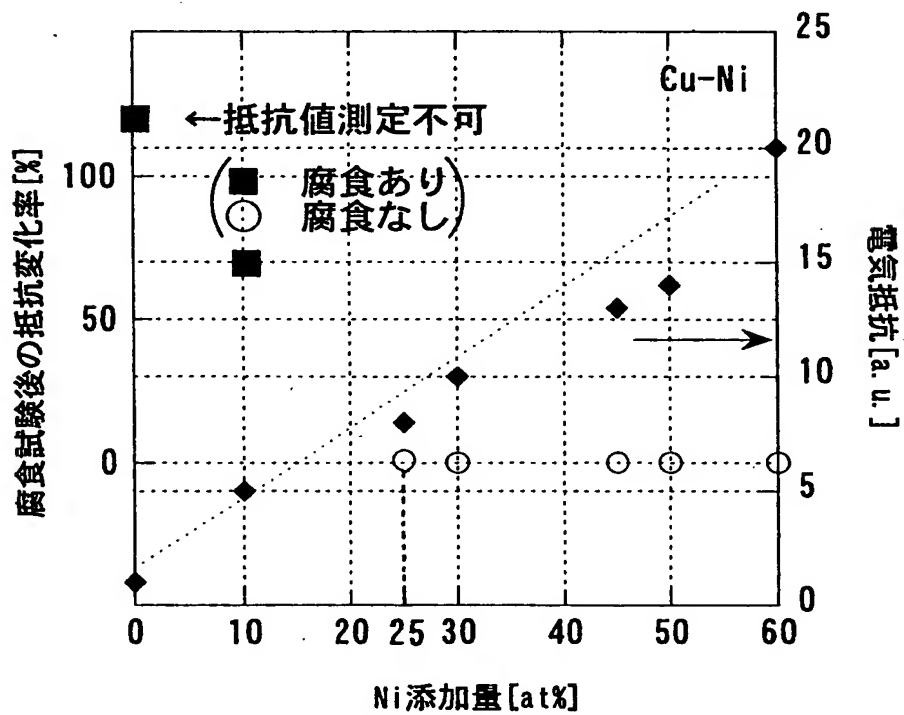
【図15】



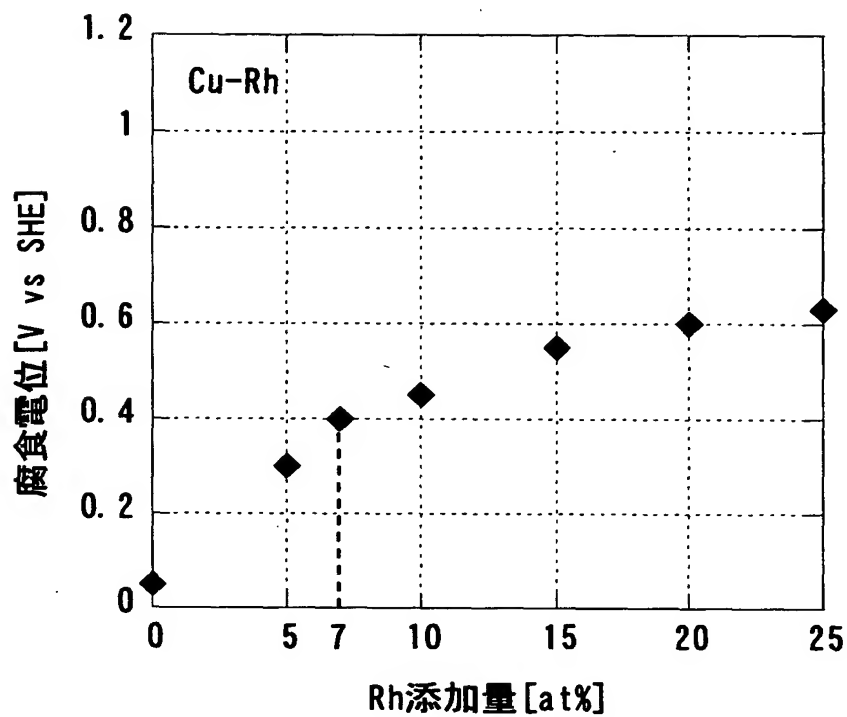
【図 16】



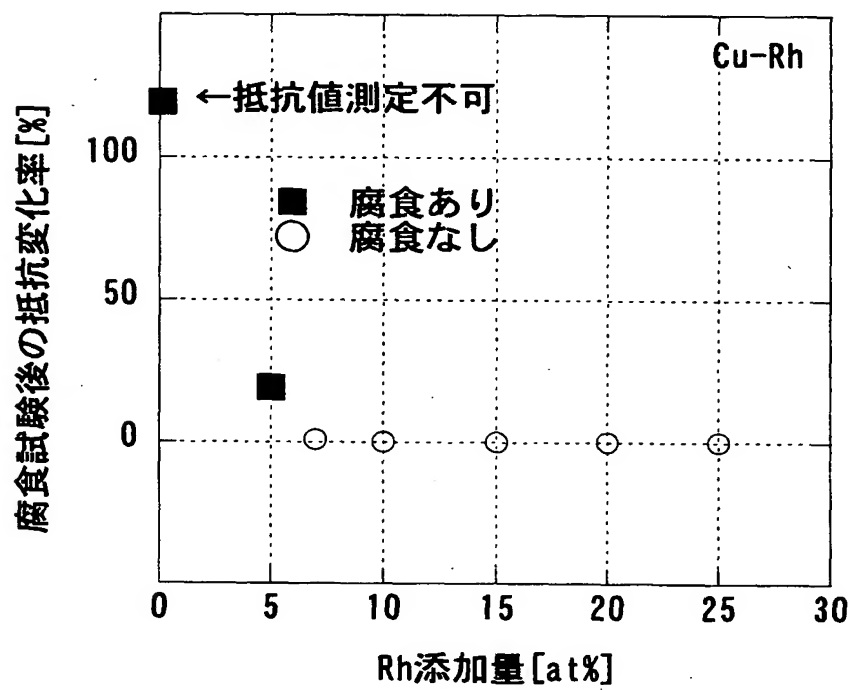
【図 17】



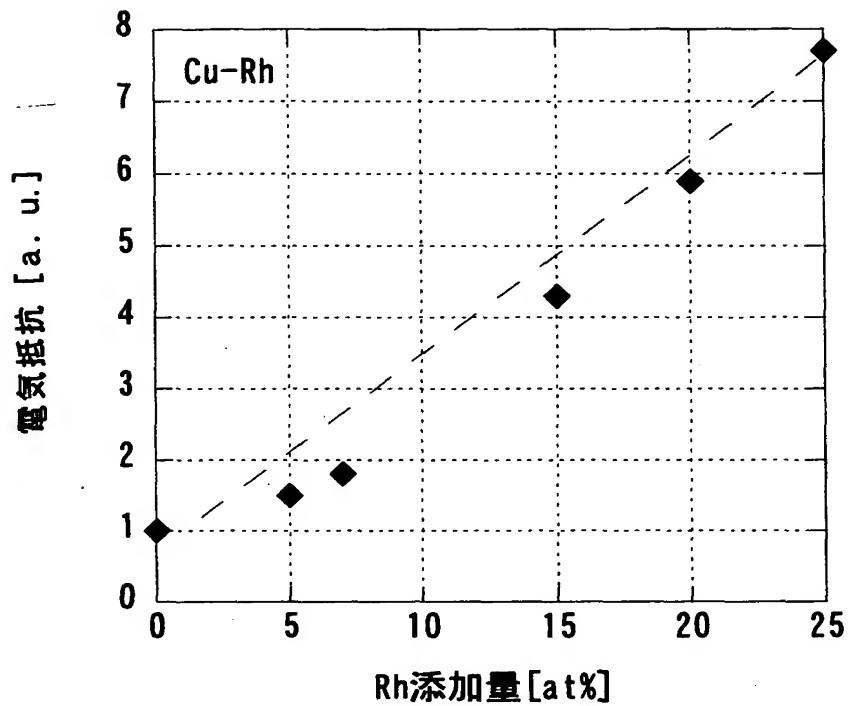
【図18】



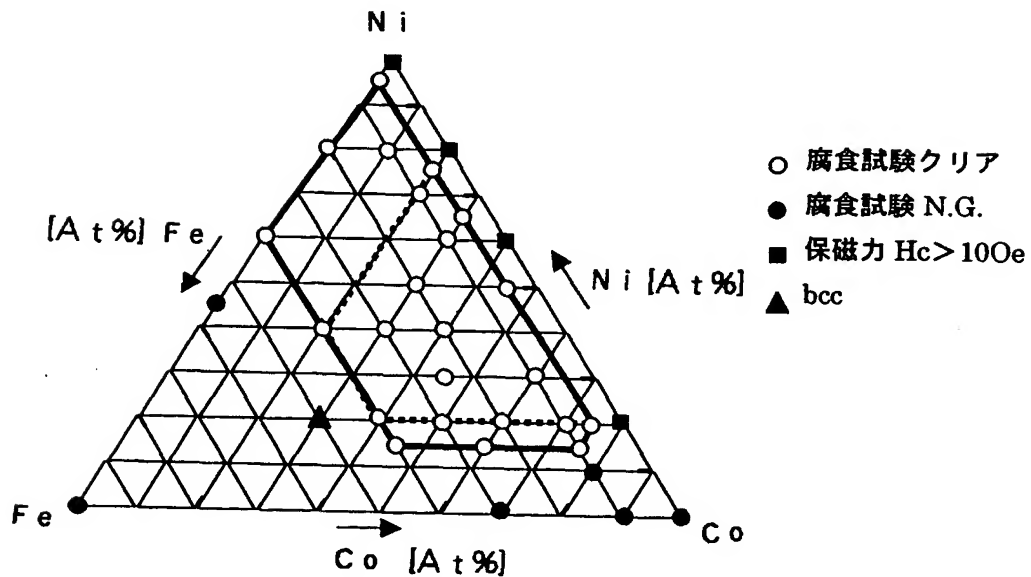
【図19】



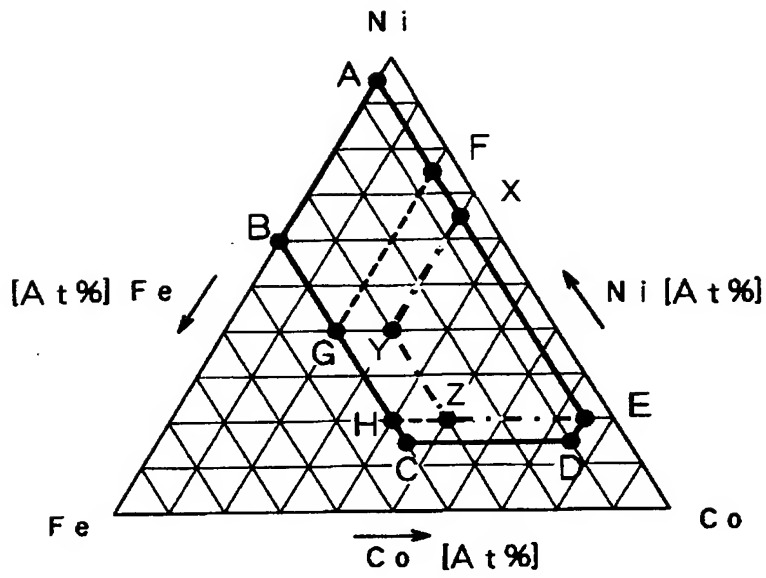
【図20】



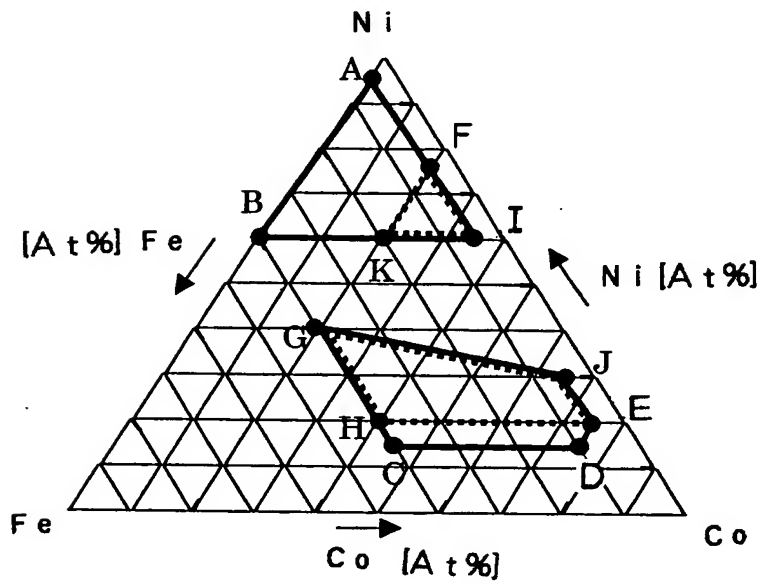
【図21】



【図 2 2】



【図 2 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁気抵抗効果型磁気ヘッドの耐食性の向上を図り、高い磁気抵抗効果率を維持する。

【解決手段】 磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子として、反強磁性層と、この反強磁性層との間で働く交換結合磁界により所定の方に磁化が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する磁化自由層と、磁化固定層と磁化自由層との間を磁氣的に隔離する非磁性層とが積層された構成を有するスピバルブ膜40を備える磁気抵抗効果型磁気ヘッド20において、スピバルブ膜40に関し、濃度0.1mol/LのNaCl溶液中に液浸されたときに測定される標準水素電極に対する腐食電位を、+0.4[V vs SHE]以上に特定する。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名	ソニー株式会社

【書類名】 図面

【図 1】

